

TUGAS AKHIR - MN141581

**STUDI IMPLEMENTASI REPARASI KAPAL BERBASIS
KEANDALAN UNTUK GALANGAN KAPAL**

AHMAD MUHTADI
NRP. 4111 100 102

Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
Imam Baihaqi, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

FINAL PROJECT - MN141581

**A STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF RELIABILITY
APPROACH IN THE SHIP REPAIR YARD**

AHMAD MUHTADI
NRP. 4111 100 102

Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
Imam Baihaqi, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING *ENGINEERING*
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah S.W.T. karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang atas bimbingan, motivasinya dan nasihat selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Imam Baihaqi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Muhammad Nurul Misbach, S.T., M.T., selaku Dosen Wali penulis, atas bimbingannya selama penulis menempuh studi di Teknik Perkapalan – FTK ITS;
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Perkapalan yang telah membantu saya secara langsung dan tidak langsung untuk menyelesaikan studi saya di Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS Surabaya;
5. Kedua orang tua saya Muhammad Ishak Pangaran dan Lia Nofianti Atmadja yang telah mendorong saya untuk terus menyelesaikan Tugas Akhir ini, terimakasih atas doanya;
6. Semua orang di Dok dan Perkapalan Surabaya yang telah membimbing saya dalam melakukan survey di galangan, terutama Pak Arif Kepala Pimpro, terimakasih atas semua bimbingannya.
7. Semua orang di Dok dan Perkapalan Kodja Bahari Jakarta yang telah membimbing saya dalam survey di galangan, terutama Kepala Divisi *Engineering* dan Produksi, terimakasih atas semua bimbingannya.
8. Teman pejuang Industri Perkapalan 2011 dan teman Centerline P51, terimakasih atas semua bantuan dan motivasi yang telah ikut membangun Tugas Akhir saya;
9. Kontrakan SEMUT Semolowaru Utara (tatang, sadim, noel galagher, fian, mas gapik, aremania, abang depok, dan di maria) dan teman Galaktus (Hasmbut, Dimbo, Koh Adi, Bocin) atas pengalaman warung kopinya;
10. Dan pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu, terimakasih banyak;

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 27 Januari 2016

Ahmad Muhtadi

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI IMPLEMENTASI REPARASI KAPAL BERBASIS KEANDALAN UNTUK GALANGAN KAPAL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Industri Pekapalan
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD MUHTADI
NRP. 4111 100 102

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I



Ir. Triwilaswadio Wuruk Pribadi, M.Sc.
NIP. 19610914 198701 1 001



Dosen Pembimbing II



Imam Baihaqi, S.T., M.T.
NIP. 19890128 201504 1 003

SURABAYA, 27 JANUARI 2016

LEMBAR REVISI

STUDI IMPLEMENTASI REPARASI KAPAL BERBASIS KEANDALAN UNTUK GALANGAN KAPAL

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 14 Januari 2016

Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD MUHTADI
NRP. 4111 100 102

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Ir. Soejitno
2. Ir. Heri Supomo., M.Sc
3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.
4. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.
5. Mohammad Sholikhhan Arif, S.T., M.T.

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc
2. Imam Baihaqi, S.T., M.T.

(.....)

(.....)

SURABAYA, 27 JANUARI 2016

STUDI IMPLEMENTASI REPARASI KAPAL BERBASIS KEANDALAN UNTUK GALANGAN KAPAL

Nama Mahasiswa : Ahmad Muhtadi
NRP : 4111 100 102
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
2. Imam Baihaqi, S.T., M.T.

ABSTRAK

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk memperbaiki kondisi keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal saat ini dengan melakukan pendekatan implementasi keandalan. Dengan pendekatan ini peneliti melakukan penyelesaian masalah ketidakandalan dan implementasi keandalan pada reparasi/perbaikan kapal di galangan kapal. Pertama, dilakukan kunjungan ke galangan untuk mencari kondisi keandalan pada proses dan hasil perbaikan kapal. Kegiatan yang dilakukan berupa pengambilan data docking repair list kapal dan diskusi tentang aktifitas perbaikan kapal yang dilakukan di galangan kapal. Kedua, data yang didapat kemudian diolah berdasarkan teori *Reliability Analysis* dan teknik *Root Cause Analysis*. Ketiga, hasil dari pengolahan data dianalisa untuk mendapatkan model identifikasi ketidakandalan pada perbaikan kapal. Model ini digunakan sebagai landasan untuk melakukan mitigasi dan implementasi keandalan pada perbaikan kapal. Setelah mitigasi dan implementasi dilakukan, diciptakanlah sebuah bagan alur pengimplementasian beserta target dan strategi implementasi pada perbaikan kapal. Hasil yang didapatkan dari tugas akhir ini berupa kerangka kerja peningkatan keandalan pada galangan kapal yang berisi identifikasi faktor SDM, Material, Sarana & Prasarana, SOP, Kondisi Lapangan, dan Desain.

Kata kunci: Galangan Kapal, Perbaikan Kapal, Studi Implementasi, Keandalan.

A STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF RELIABILITY APPROACH IN THE SHIP REPAIR YARD

*Author : Ahmad Muhtadi
ID No. : 4111 100 102
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisors : 1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
2. Imam Baihaqi, S.T., M.T.*

ABSTRACT

The main objective of this final project is to improve ship repair yard reliability using reliability approach. Implementation of this approach can improve the reliability of ship repair process and ship repair result. Firstly, ship repair yard was visited to obtain reliability condition on ship repair process and ship repair result. Data taken from the ship repair yard were ships docking repair lists. Discussion was carried out to examine some ship repair activities conducted at ship repair yard. Secondly, those data were processed using Root Cause Analysis and Reliability Analysis Theory. Thirdly, those results were analysed to develop identification model of shipyard reliability. The identification model was used as base to mitigate and implementing reliability on ship repair at ship repair yard. After the mitigation and implementation developed, the implementation flowchart with its target and implementation strategy for shipyard was created. Results obtained from this final project were framework model for improving reliability at ship repair yard consist of human resource, materials, infrastructure, SOP, design, and work environment with specific parameters for each factors.

Keywords: Implementation Study, Reliability, Ship Repair, Shipyard.

DAFTAR ISI

1.1.	Latar Belakang Masalah.....	1
1.2.	Perumusan Masalah	2
1.3.	Tujuan	2
1.4.	Batasan Masalah	2
1.5.	Manfaat	2
1.6.	Hipotesis.....	3
1.7.	Sistematika Laporan.....	3
2.1.	Studi Implementasi	5
2.2.	Reparasi/Perbaikan Kapal	5
2.3.	Kualitas pada Perbaikan kapal.....	7
2.4.	<i>Reliability</i>	7
2.5.	Menghitung Keandalan	9
2.6.	<i>Failure rate (λ)</i>	10
2.6.1.	<i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i>	10
2.6.2.	<i>Mean Time to Failure (MTTF)</i>	10
2.7.	<i>Design for Reliability</i>	12
2.8.	<i>Tools</i> dan Teknik Keandalan	13
2.8.1.	<i>Root Cause Analysis</i>	13
2.8.2.	<i>Reliability Block Diagram</i>	14
2.8.3.	<i>Fault Tree Analysis</i>	15
2.8.4.	<i>Failure Modes and Effect Analysis</i>	16
2.9.	Teknik Pengumpulan Data	17
2.10.	Teknik Analisa Data	17
3.1.	Model Proses Penyelesaian Masalah	19

3.2.	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	21
3.2.1.	Perumusan Masalah	22
3.2.2.	Studi Literatur.....	22
3.2.3.	Studi Lapangan	23
3.2.4.	Pengolahan Informasi	24
3.2.5.	Identifikasi Masalah pada Perbaikan Kapal	24
3.2.6.	Penyelesaian Masalah Ketidakandalan	24
3.2.7.	Implementasi Keandalan pada Proses Perbaikan Kapal	24
3.2.8.	Strategi Implementasi	25
3.2.9.	Analisa Perbaikan Kapal Berbasis Keandalan	25
3.2.10.	Kesimpulan dan Saran	25
4.1.	Perbaikan Kapal di Galangan	27
4.1.1.	Pengamatan Perbaikan Kapal di Dok dan Perkapalan Surabaya.....	27
4.1.1.1.	<i>Overview</i> Kondisi Galangan.....	27
4.1.1.2.	Proses Perbaikan Kapal.....	28
4.1.1.3.	Implementasi Keandalan di DPS	30
4.1.1.4.	Kasus Ketidakandalan Pada DPS	33
4.1.2.	Pengamatan Perbaikan Kapal di Dok dan Perkapalan Kodja Bahari Jakarta	35
4.1.2.1.	<i>Overview</i> Kondisi Galangan	35
4.1.2.2.	Proses Perbaikan Kapal.....	35
4.1.2.3.	Penerapan Keandalan di DKB.....	35
4.1.2.4.	Kasus Ketidakandalan di DKB.....	38
4.1.3.	<i>Overview</i> Survey di DPS dan DKB	39
4.2.	Hasil Survey Galangan.....	40
4.2.1.	<i>Docking</i> Report KM.PORTLINK II	40
4.2.2.	<i>Docking</i> Report TB.MUSALA.....	42
4.2.3.	<i>Repair List</i> dan Schedule KM.CARAKA JAYA NIAGA III - 22	46
4.2.4.	Kesimpulan Data	49
5.1.	Kerangka Kerja (<i>Framework</i>) Perbaikan Kapal	53
5.2.	<i>Reliability Analysis</i> dan Analisa Kegagalan.....	54
5.3.	Analisa Hasil <i>Failure</i>	56
5.4.	Pemeriksaan Penerapan Keandalan pada Sistem Perbaikan Kapal di Galangan.....	63
5.5.	<i>Reliability Block Digram</i>	66
5.6.	Model Kerangka Kerja Indentifikasi Permasalahan Keandalan.....	67
5.7.	Pengecekan Latar Belakang Kerusakan pada Perbaikan Kapal	71

5.8. Identifikasi Penyebab Ketidakandalan pada Perbaikan Kapal dan Rekomendasi Mitigasi & Corrective Action.	72
5.8.1. SDM.....	72
5.8.2. Material	75
5.8.3. Perencanaan (<i>Planning</i>).....	79
5.8.4. Sarana Prasarana.....	82
5.9. Kasus Khusus Ketidakandalan yang Tidak Teridentifikasi Lewat Model.....	85
6.1. Keandalan pada Perbaikan Kapal	87
6.2. <i>Tools</i> dan Teknik Peningkatan Keandalan	89
6.3. Implementasi dan Target Keandalan di Galangan Kapal.....	90
6.3.1. Implementasi dan Target Keandalan untuk SDM di Galangan Kapal	91
6.3.2. Implementasi dan Target Keandalan untuk Material di Galangan Kapal.....	92
6.3.3. Implementasi dan Target Keandalan untuk Prasarana di Galangan Kapal.....	93
6.3.4. Implementasi dan Target Keandalan untuk Desain di Galangan Kapal	93
6.3.5. Implementasi dan Target Keandalan untuk SOP di Galangan Kapal.....	93
6.3.6. Implementasi dan Target Keandalan untuk Persiapan Lapangan di Galangan Kapal	94
6.4. Strategi Implementasi Keandalan pada Perbaikan Kapal di Galangan Kapal	94
6.4.1. SDM.....	95
6.4.2. Material	96
6.4.3. Sarana dan Prasarana	96
6.4.4. Desain	97
6.4.5. SOP	97
6.4.6. Persiapan Lapangan	98
6.5. Perbaikan Kapal berbasis Keandalan.....	98
6.6. Prediksi pengaruh Implementasi keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal	99
6.7. Rangkuman Alur Pengerjaan Tugas Akhir	99
7.1. Kesimpulan.....	101
7.2. Saran	102

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A *FAILURE LIST*

BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Teknik Pengumpulan Data (Zelditch, 1979)	17
Tabel 4.1 Kemampuan Kepemimpinan dalam <i>Reliability</i> (Sondalini, 2007)	31
Tabel 4.2 Kemampuan Sistem dan Proses dalam <i>Reliability</i> (Sondalini, 2007)	32
Tabel 4.3 Tabel Kemampuan Kepemimpinan dalam <i>Reliability</i> (Sondalini, 2007).....	36
Tabel 4.4 : Tabel Kemampuan Sistem dan Proses dalam <i>Reliability</i> (Sondalini, 2007)	37
Tabel 4.5 Kesimpulan Penerapan	40
Tabel 4.6 Dimensi Utama KM.PORTLINK II	40
Tabel 4.7 Dimensi Utama TB.MUSALA.....	42
Tabel 4.8 Dimensi Utama KM.CARAKA JAYA NIAGA III - 22	46
Tabel 5.1 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> M/E.....	58
Tabel 5.2 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> A/E	58
Tabel 5.3 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> Pompa.....	58
Tabel 5.4 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> Pipa.....	59
Tabel 5.5 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> Kemudi	59
Tabel 5.6 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> Deck Machinery.....	59
Tabel 5.7 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> Coating	60
Tabel 5.8 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> Sistem Propulsi	60
Tabel 5.9 Tabel Hasil <i>Failure Analysis</i> Pelat.....	60
Tabel 5.10 Hasil Analisa <i>Failure List</i>	61
Tabel 5.11 Tabel Journey to <i>reliability</i> and <i>Maintenance</i> Mastery (Mike Sondalini 2007)	64
Tabel 5.12 Tabel Spesifikasi Performa Cairan Hidrolis (Catalog of green marine Hydraulic Fluids,2014).....	76

Daftar Isi Lampiran		
No	Komponen	Halaman
1	Main Engine	1
2	Auxilliary Engine	2
3	Pompa	4
4	Pipa	8
5	Kemudi	12
6	Coating	13
7	Deck Machinery	14
8	Sistem Propulsi	16
9	Pelat	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan Pengengerjaan Perbaikan Kapal (Agung, 2003).....	6
Gambar 2.2 <i>Reliability Diagram</i> (O'Connor & Kleyner, 2012).....	8
Gambar 2.3 Bagan Reliability Design (Scutti & McBrine, Concept of Failure Analysis and Prevention, 2001).....	12
Gambar 2.4 Analogi dari RCA (Scutti and James, 2001).....	13
Gambar 2.5 RBD dari Sistem Seri (Rausand&Hoyland 2004).....	14
Gambar 2.6 : RBD Sistem Paralel (Rausand&Hoyland 2004).....	15
Gambar 2.7 FTA (O'Connor & Kleyner, 2012).....	15
Gambar 2.8 Contoh FMEA dari Hydraulic Hose (Azadeh & Ebrahimipour, 2009).....	16
Gambar 3.1 Model Umum Penyelesaian (Scutti & McBrine, 2001).....	19
Gambar 3.2 Flowchart Metodologi Penelitian.....	21
Gambar 5.1 Kerangka Kerja Perbaikan Kapal.....	55
Gambar 5.2 Perbandingan Antara Kasus dan Total Kasus.....	61
Gambar 5.3 RBD dari Perbaikan Kapal.....	68
Gambar 5.4 Model Identifikasi Ketidakandalan pada Perbaikan Kapal.....	70
Gambar 5.5 Model Indentifikasi Berita Acara Kerusakan Kapal.....	71
Gambar 5.6 <i>SPAR-H Human reliability Analisis</i> (Idaho National Library, 2005).....	73
Gambar 5.7 <i>Flowchart</i> Identifikasi dan dan Mitigasi SDM.....	74
Gambar 5.8 <i>Flowchart</i> Identifikasi dan Mitigasi Material.....	78
Gambar 5.9 <i>Flowchart</i> Identifikasi dan Mitigasi <i>Preparation</i>	81
Gambar 5.10 <i>Flowchart</i> Identifikasi dan Sarana & Prasarana.....	84
Gambar 6.1 <i>Tools</i> dan Teknik dalam <i>Reliability Engineering</i> (mike sondalini, 2007).....	90
Gambar 6.2 Alur Implementasi dan Target Setiap Implementasi.....	91
Gambar 6.3 Strategi Implementasi.....	95
Gambar 6.4 Bagan Alur Studi Implementasi.....	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kapal sebagai sarana transportasi lintas air digunakan dalam proses penyebaran logistik impor dan ekspor antar pulau nasional dan internasional. Kapal digunakan secara terus menerus (24H/7D). Kondisi kapal yang baik adalah kewajiban dari setiap pemilik kapal dan pengguna kapal. *Maintenance* dan *repair* yang baik akan memberikan keuntungan ekonomis dan teknis terhadap kapal. *Maintenance* dan *repair* secara berkala di dok atau lebih dikenal dengan *docking* kapal dilakukan setiap dua tahun sekali. Hal ini sudah diatur oleh IACS tentang kewajiban *dry docking* untuk *merchant ship*.

Proses perbaikan (*docking*) kapal baiknya selalu dilakukan tepat waktu dan tidak ditunda-tunda. Proses perbaikan kapal dilakukan di galangan kapal yang berkapasitas untuk melakukan perbaikan. Proses perbaikan kapal yang baik tentunya dilakukan oleh galangan dengan manajemen pekerjaan yang baik. Didukung oleh *Quality Control* dan *Quality Assurance* yang baik dan dipatuhi oleh seluruh sumber daya manusianya.

Ketika semua yang dikerjakan sudah baik, namun masih sering terjadi kerusakan sebelum waktunya, hal ini dapat menyebabkan kerugian bagi pemilik kapal secara ekonomis. Kejadian seperti ini seharusnya tidak perlu dialami oleh pemilik kapal yang sudah membayar mahal kegiatan *docking* kapal. Hal-hal seperti inilah yang dijadikan bahasan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Tentunya ada banyak faktor yang menyebabkan kerusakan komponen sebelum waktunya. Keandalan termasuk dalam faktor yang sering dilalaikan dalam perbaikan kapal. Kualitas yang baik belum tentu mencerminkan keandalan yang baik karena hal tersebut tidak memperhitungkan faktor waktu. Hal ini dikarenakan keandalan adalah kualitas dari waktu ke waktu. (O'Connor & Kleyner, 2012)

Untuk permasalahan komponen hasil perbaikan yang rusak sebelum waktunya, implementasi keandalan dapat menjadi solusinya. Penulis melihat keandalan jika diimplementasikan ke perbaikan kapal dapat menyelesaikan masalah ketidakandalan pada hasil dan proses perbaikan kapal.

1.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas. Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana kondisi aktivitas perbaikan kapal, khususnya yang berhubungan dengan keandalan di galangan kapal?
2. Bagaimana kondisi aktivitas yang berhubungan dengan keandalan di galangan dapat diperbaiki dengan pendekatan keandalan?
3. Bagaimana pendekatan tersebut dapat diimplementasi pada perbaikan kapal di galangan kapal?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk:

1. Memberikan gambaran kondisi aktivitas yang berhubungan dengan keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal saat ini.
2. Memberikan solusi berupa pendekatan keandalan untuk memperbaiki kondisi keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal.
3. Mendapatkan model identifikasi permasalahan keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal Indonesia.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain:

1. Kondisi yang dijadikan acuan untuk penelitian ini adalah kondisi perbaikan kapal di Dok Kodja Bahari Jakarta dan Dok dan Perkapalan Surabaya
2. Batasan penelitian tentang implementasi dibatasi hanya pada proses reparasi. Kejadian yang terjadi saat pemakaian barang tidak ditinjau secara mendalam.

1.5. Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat bagi beberapa pihak. Adapun manfaat yang dapat diperoleh adalah:

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan studi penerapan keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal.

2. Membuktikan implementasi nilai keandalan pada perbaikan kapal dapat dilakukan.
3. Sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya.

1.6. Hipotesis

Berdasarkan hasil kajian pustaka untuk mendapatkan jawaban permasalahan dalam penelitian ini, maka dibuat hipotesis pendekatan implementasi keandalan pada proses perbaikan kapal di galangan kapal dapat dilakukan dan berpengaruh positif terhadap keandalan dari galangan dan hasil perbaikan kapal.

1.7. Sistematika Laporan

Untuk memperoleh hasil laporan tugas akhir yang sistematis dan tidak keluar dari pokok permasalahan yang telah ditentukan, maka dibuat sistematika penulisan laporan sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian secara umum dan singkat meliputi latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat, tujuan, hipotesa, dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir yang disusun

BAB II. DASAR TEORI

Berisi dasar teori, yakni apa saja yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir ini. Dasar teori, persamaan-persamaan, *rules* dan *codes* yang digunakan dalam mengerjakan tugas akhir ini diuraikan dalam bab ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menjelaskan bagaimana langkah-langkah pengerjaan dalam penyelesaian tugas akhir ini, serta metode-metode yang digunakan. Dimulai dengan melakukan studi literatur, melakukan studi lapangan, melakukan analisa data, dan mengambil kesimpulan terhadap analisa yang dilakukan.

BAB IV. KONDISI PERBAIKAN KAPAL DI GALANGAN

Pada tahap ini dilakukan pengamatan pada proses perbaikan kapal di Galangan Kapal. Pengamatan dilakukan untuk melihat teknis dan kondisi nyata dari keandalan yang

berhubungan dengan perbaikan kapal. Begitu pula dengan data perbaikan kapal, dokumen yang diambil adalah dokumen yang berhubungan dengan penelitian keandalan.

BAB V. ANALISA KETIDAKANDALAN PADA GALANGAN KAPAL

Pada bab ini dilakukan pengolahan dari data yang didapat di Galangan untuk menarik kesimpulan tentang kondisi perbaikan kapal yang berhubungan dengan perbaikan kapal. Diakhir bab diciptakan sebuah skema identifikasi pengecekan ketidakandalan pada perbaikan kapal dan rekomendasi *corrective action* yang harus dilakukan.

BAB VI. STUDI IMPLEMENTASI KEANDALAN PADA PERBAIKAN KAPAL

Bab ini berisi tahapan dan target dari implementasi keandalan pada galangan kapal beserta teknik dan *tools* keandalan yang digunakan. Pada bab ini juga diciptakan strategi implementasi yang harus dilakukan dalam mengimplementasi keandalan pada perbaikan kapal. Pada akhir bab dibahas tentang pengaruh implementasi keandalan pada perbaikan kapal.

BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kesimpulan dan saran berisi kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini. Saran berisi saran terhadap galangan dan saran terhadap mahasiswa.

BAB II DASAR TEORI

2.1. Studi Implementasi

Implementasi adalah penerapan atau pelaksanaan. Sedangkan studi diartikan sebagai penelitian ilmiah atau kajian atau telahan (KBBI, diakses 2015). Jika digabungkan studi implementasi berarti penelitian ilmiah dan kajian tentang penerapan sebuah ide. Jika kita mengambil pendapat studi implementasi adalah sebuah proses penerapan ide, konsep, kebijakan, atau inovasi dalam suatu tindakan praktis sehingga memberikan dampak berupa perubahan terhadap objek yang dikenakan implementasi (Mulyasa, diakses 2015).

Studi implementasi adalah sebuah proses penerapan ide. Dalam penelitian ini ide tersebut adalah keandalan dan objek yang dikenakan implementasi keandalan adalah perbaikan kapal. Diakhir penelitian nanti yang ingin dicapai adalah implementasi keandalan pada perbaikan kapal.

2.2. Reparasi/Perbaikan Kapal

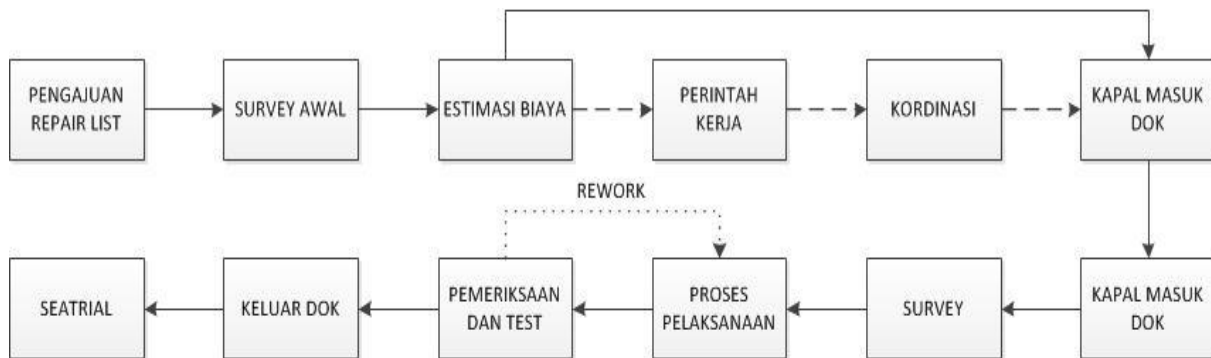
Reparasi kapal atau yang selanjutnya disebut Perbaikan Kapal merupakan sebuah tindakan pengembalian fungsi dan kondisi komponen pada kapal sehingga memenuhi standar yang berlaku. Reparasi juga dapat berarti memperbaiki dan mengganti komponen atau material yang rusak sehingga kondisi kapal terpenuhi menurut standar yang berlaku.

Reparasi kapal sebagian besar dilakukan pada konstruksi dan permesinan kapal. Kedua komponen tersebut memiliki jenis dan tingkat kesulitan yang berbeda dalam reparasinya, sehingga membagi pekerjaan kapal dalam dua zona pengerjaan akan memudahkan analisa masalahnya. Hal ini dapat juga memudahkan proses pengidentifikasian *list* perbaikan kapal.

Proses perbaikan kapal sendiri mempunyai tiga tahapan yaitu:

- a. Persiapan perbaikan
- b. Proses perbaikan
- c. Pengecekan hasil perbaikan

Alur proses perbaikan kapal adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Bagan Pengengerjaan Perbaikan Kapal (Agung, 2003)

Dapat diketahui bahwa proses perbaikan kapal adalah proses panjang yang melibatkan banyak pihak seperti galangan, klasifikasi, dan pemilik (*owner*). Berdasarkan pada Gambar 2.1, pada tahap awal perbaikan kapal pihak *owner* akan mengajukan *list* komponen kapal yang rusak dan perlu dilakukan perbaikan. Namun seiring dengan proses perbaikan kapal, akan ada beberapa tambahan pengerjaan yang diajukan galangan atau klasifikasi untuk dikerjakan. Nantinya tambahan pekerjaan tersebut harus disetujui oleh pihak *owner*.

Aktivitas dan kegiatan yang dilakukan dalam proses perbaikan kapal berbeda-beda tergantung jenis pengedokan yang dilakukan. Jenis pengedokan itu sendiri dibedakan berdasarkan waktu dan kebutuhan dari kapal tersebut. Beberapa jenis pengedokan berdasarkan klasifikasi yang umum adalah:

- Pengedokan yang dilakukan setahun sekali dinamakan *Annual Docking*.
- Pengedokan yang dilakukan empat tahun sekali dinamakan *General Docking*.
- Pengedokan yang dilakukan diantara *General Docking* dinamakan *Intermediate Docking*.
- Pengedokan yang dilakukan secara tiba-tiba atau diluar jadwal disebut *Emergency Docking*.

Kegiatan *docking* yang dilakukan pada setiap *docking* berbeda-beda sesuai dengan peraturan klasifikasi dan kebutuhan dari kapal tersebut. Namun berdasarkan *rules* dari klasifikasi, maka setiap *docking* kapal akan dilakukan perbaikan berupa:

- Perbaikan dan perawatan konstruksi kapal.
- Perbaikan dan perawatan lambung.

- Perbaikan dan perawatan mesin.
- Perbaikan dan perawatan *outfitting*.
- Perbaikan dan perawatan sistem perpipaan.
- Perbaikan dan perawatan sistem *kelistrikan*.

2.3. Kualitas pada Perbaikan kapal

Kualitas adalah kombinasi dari perspektif kualitatif dan kuantitatif dimana setiap orang mempunyai definisi yang berbeda (American Society for Quality, 2004). Berdasarkan ISO 9000 kualitas adalah derajat dari suatu objek untuk memenuhi karakteristik yang disyaratkan oleh suatu standar. Dari dua definisi di atas dapat disimpulkan bahwa kualitas adalah tingkat kesesuaian dari suatu objek terhadap sebuah standar berdasarkan penilaian kuantitatif dan kualitatif. Definisi di atas hanya berlaku untuk kualitas dari suatu barang.

Pada tahap pemeriksaan dan tes yang dilakukan oleh klasifikasi dan galangan, apabila ditemukan bahwa hasil perbaikan yang dilakukan tidak memenuhi standar maka dilakukanlah proses *rework*. Proses *rework* adalah proses yang merugikan dan memperlambat proyek. Tentunya *rework* sedapat mungkin dihindari. Disinilah peran galangan harus diteliti jika proses *rework* sering terjadi.

Pengecekan kualitas yang dilakukan galangan hanya dilakukan berdasarkan kualitas hasil perbaikan kapal pada saat di uji. Parameter waktu tidak diikuti sertakan terhadap pengujian hasil perbaikan kapal. Padahal parameter waktu inilah yang membedakan antara kualitas dan keandalan. Pengecekan parameter waktu tidak diikuti sertakan dikarenakan dalam sebuah standar tidak mengatur faktor pemeriksaan tentang kemungkinan kegagalan (*failure rate*) dari sebuah barang.

2.4. Reliability

Keandalan mempunyai dua definisi. Definisi keandalan untuk barang yang tidak dapat diperbaiki dan keandalan untuk barang yang dapat diperbaiki. Berdasarkan buku *Practical Reliability Engineering* karangan O'Connor dan Kleyner keandalan adalah:

(Non-Repairable)

Keandalan adalah kemungkinan sebuah barang berfungsi tanpa gagal dalam kondisi dan waktu yang ditentukan.

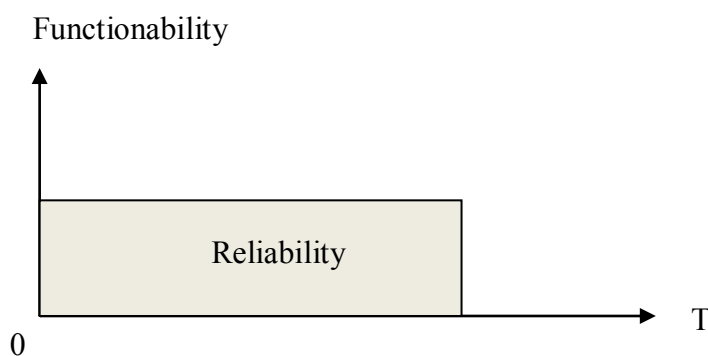
(Repairable)

Keandalan adalah kemungkinan sebuah kegagalan tidak muncul dalam rentan waktu yang diinginkan.

Berdasarkan penjabaran definisi keandalan di atas, keandalan dari perbaikan kapal adalah probabilitas hasil perbaikan kapal untuk dapat mempertahankan fungsinya dalam kondisi dan waktu yang telah ditentukan. Sedangkan untuk sebuah proses perbaikan kapal definisi keandalan adalah probabilitas dari sebuah sistem untuk berjalan tanpa gagal selama waktu dan kondisi yang telah ditentukan.

Untuk menyatakan bahwa sebuah barang memiliki keandalan, maka keandalan harus dinyatakan dalam sebuah nilai. Deskripsi cukup andal, tidak andal, sangat andal, dan barang bebas *maintenance* harus didefinisikan secara kuantitatif. Hal ini berarti nilai kualitatif dari keandalan harus diterjemahkan ke dalam nilai kuantitatif. Inilah yang mendasari harus adanya hubungan antara waktu operasi dan fungsi.

Untuk dapat mendefinisikan keandalan ke dalam nilai kuantitatif maka kita harus melihat hubungan antara waktu dan *functionability*. Pentingnya *function* dalam keandalan dapat dijadikan patokan sampai mana barang dapat dinyatakan andal. Waktu disini menyatakan lamanya barang menjaga *state of functioning* sampai tahap *state of failure*. Maka nilai kuantitatif keandalan dapat didefinisikan sebagai berikut:



Gambar 2.2 *Reliability Diagram* (O'Connor & Kleyner, 2012)

Gambar 2.2 menjelaskan keandalan dapat diekspresikan secara kuantitatif menggunakan lama operasi (T) selama barang yang ditentukan menjaga fungsinya ketika digunakan secara benar.

Keandalan sangat penting dalam sebuah proses produksi sebuah barang. *Unreliability* dapat menyebabkan hasil yang merugikan bagi: (Scutti & McBrine, Concept of Failure Analysis and Prevention, 2001)

- *Safety.*
- *Competitiveness.*
- *Profit margins.*
- Biaya *repair* dan *maintenance*.
- Tertundanya *supply chain* selanjutnya.
- Reputasi.

Sedangkan kata kunci dari *Reliability*/Keandalan adalah:

- *Reliability* adalah ukuran ketidakpastian dan oleh karena itu memperkirakan *reliability* berarti menggunakan statistic dan teori probabilitas.
- *Reliability* adalah kualitas dari waktu ke waktu.
- *Reliability* harus didesain untuk produk atau jasa.
- Aspek terpenting dari keandalan adalah untuk mengetahui sebab dari kegagalan dan mengeliminasi dari desain.
- *Reliability* didefinisikan sebagai kemampuan sebuah barang untuk beroperasi sesuai fungsi tanpa gagal dalam kondisi dan waktu yang ditentukan.
- *Unreliability* berdampak buruk terhadap sebuah perusahaan.

2.5. Menghitung Keandalan

Keandalan sebagai sebuah parameter tentunya harus dapat dihitung. Perhitungan keandalan erat hubungannya dengan kegagalan. Kegagalan harus selalu dapat dikaitkan dengan parameter yang dapat dihitung dan memiliki indikasin yang jelas. Sebagai contoh, definisi kegagalan dapat ditulis sebagai kegagalan fungsi untuk beroperasi. Parameter tersebut juga terikat dengan kondisi dan ekspektasi *lifetime* dari barang atau mesin tersebut.

Teknik memprediksi keandalan pada tahap awal pengerjaan dapat dilakukan menggunakan:

- *Standards Based Reliability Prediction (SBRP)*

SBRP adalah metodologi perhitungan yang didasarkan pada perkiraan laju kegagalan yang dipublikasi dalam standar yang diakui secara global. Ciri-ciri dari SBRP ini

terdiri dari sistem kegagalannya yang dianggap seri, laju kegagalannya adalah konstan, kegagalan dianggap sebagai kejadian acak. Beberapa standar tersebut adalah MIL-HDBK-217, Telcordia SR-332, IEC 62380, NSWC-06/LE10, PRISM and 217Plus, dan lainnya.

- *Field Return Based Method*

Pendekatan dengan melihat analisa kegagalan dari sebuah komponen atau barang. Kelemahannya adalah dengan melihat data historis maka penilaian keandalan akan sangat spesifik untuk sebuah barang, komponen, atau pabrik/perusahaan. Disisi lain, pendekatan ini akan sangat akurat, walaupun dengan kata lain pendekatan ini susah untuk dijadikan patokan untuk barang dengan manufaktur berbeda.

2.6. *Failure rate (λ)*

Prediksi keandalan berlandaskan pada *failure rate*. Oleh karena itu *failure rate* disini dijabarkan sebagai kegagalan dalam satuan waktu. Ada dua kategori umum *failure rate* yang dipakai di tugas akhir ini yaitu;

2.6.1. *Mean Time Between Failure (MTBF)*

MTBF adalah waktu dimana barang berfungsi sampai ia mengalami kegagalan. MTBF sering digunakan untuk menentukan keandalan dari barang yang dapat diperbaiki. MTBF dihitung dengan menginverskan *failure rate* λ .

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

2.6.2. *Mean Time to Failure (MTTF)*

MTTF adalah cara umum untuk menghitung keandalan sebuah barang yang tidak dapat diperbaiki. MTTF adalah waktu yang dibutuhkan barang hingga terjadinya gagal untuk pertama kali.

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Berdasarkan buku practical *reliability engineering* karangan Patrick O'Connor cara untuk memperkirakan nilai keandalan dari dari sebuah barang yang baru dapat diperkirakan dengan beberapa pendekatan nilai. Pendekatan tersebut sangat bergantung pada parameter

tertentu dan elemen yang dijadikan pendekatannya. Dilain sisi nilai keandalan tersebut sangat sensitif terhadap perubahan yang dialami parameternya.

Pendekatan yang dapat digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu pendekatan *Field Return Based Methods* dan *Reliability Prediction Standard*. Yang pertama adalah pendekatan dengan melihat analisa kegagalan dari sebuah komponen atau barang. Kelemahannya adalah dengan melihat data historis maka penilaian keandalan akan sangat spesifik untuk sebuah barang, komponen, atau pabrik/perusahaan. Disisi lain, pendekatan ini akan sangat akurat, walaupun dengan kata lain pendekatan ini susah untuk dijadikan patokan untuk barang berbeda manufaktur.

Untuk pendekatan kedua yaitu *Reliability Prediction Standards* atau *Standards Based reliability*. Adalah pendekatan prediksi keandalan sebuah barang dengan standars-standars yang ada di dunia. Untuk kasus tugas akhir ini penulis menggunakan MIL -217 *Standard Type Parts Count Method*. Penulis memilih metode ini karena ia melibatkan kuantitas, kualitas, dan kondisi pengaplikasian. Standar ini paling cocok diaplikasikan pada tahap awal karena memerlukan sedikit informasi.

Rumus *failure rate* menurut standard ini adalah

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i \pi_{Qi} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

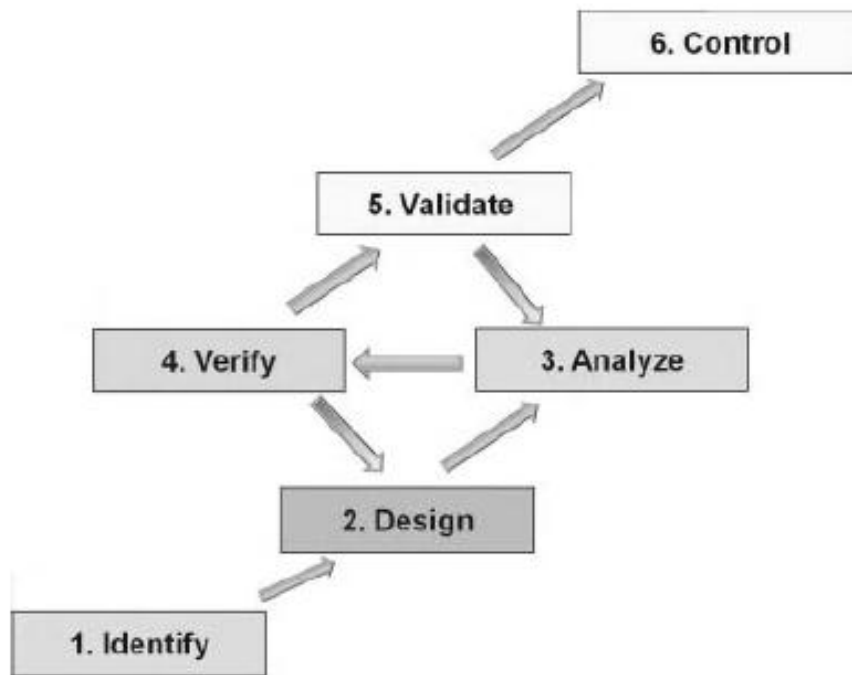
Dimana:

- n = Jumlah dari parts
- N_i = Kuantitas dari parts ke-i
- λ_i = Kemungkinan gagal dari part ke-i
- π_{Qi} = Faktor kualitas dari part ke-i

Total dari semua rata-rata kegagalan merepresentasikan *failure rate* dari komponen.

Gabungan dari pendekatan kedua pendekatan tersebut dinamakan *Fussion of Field Data and Reliability Standards*. Dua pendekatan ini digabungkan untuk saling mendukung teori yang satu dengan yang lain. Pendekatan ini di ajukan oleh Talmor dan Arueti (1997

2.7. Design for Reliability



Gambar 2.3 Bagan Reliability Design (Scutti & McBrine, Concept of Failure Analysis and Prevention, 2001)

Tujuan dari *Design for Reliability* adalah untuk memastikan suatu produk atau hasil pekerjaan memenuhi *requirement* untuk disebut *reliable*. Untuk mendesain sebuah produk yang *reliable* pastinya perlu mengikuti aturan umum *engineering* yang ada, ditambah prinsip-prinsip keandalan yang terdiri dari:

- a. Pemilihan komponen dan material yang baik.
- b. Mempertimbangkan hubungan antara *variable* yang berlawanan dan memastikan *safety margin* yang cukup.
- c. *Minimum Complexity*.
- d. *Diversity* untuk menghindari kesalahan umum.
- e. Analisa kegagalan dan efeknya menggunakan FMEA.
- f. Mencari sumber kesalahan dan dikeluarkan sumbernya dari desain atau lakukan mitigasi.
- g. Selalu melihat pembelajaran dari kesalahan yang sudah terjadi.

Gambar 2.3 menjelaskan inti dari *design for reliability* adalah untuk memaksimalkan keandalan selama umur pemakaian dengan cara sebagai berikut:

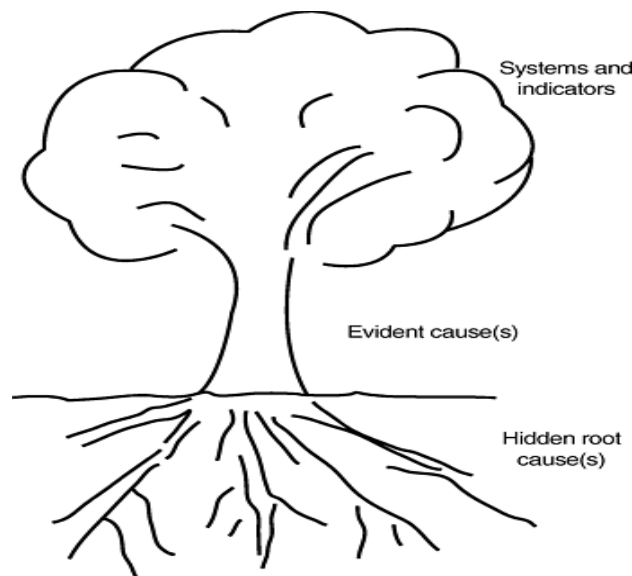
- a. Menghitung dan mengontrol kualitas manufaktur.
- b. Optimisasi desain dan proses pembangunan untuk meningkatkan *intristic reliability*.
- c. Pastikan tidak ada kesalahan sistematis dalam produk.
- d. Berikan margin yang cukup untuk sampai pada *life requirement*.

2.8. Tools dan Teknik Keandalan

Beberapa *tools* yang berguna dalam tahap desain dapat digunakan sebagai *tool* untuk menghindari kesalahan. *Tools* ini umumnya dibagi menjadi dua metode, yaitu *bottom-up* dan *top-down*. Beberapa contoh metode *top-down* yang paling banyak digunakan adalah *Fault Tree Analysis* (STA), *Reliability Block Diagram* (RBD) dan *Markov Analysis*.

2.8.1. Root Cause Analisys

RCA adalah proses pengamatan dari karakteristik dan penyebab dari sebuah komponen atau perlengkapan gagal (Scutti, James J. 2001). Prinsip dari RCA digunakan untuk memastikan bahwa asal dari sebuah kegagalan dapat diketahui dan diberikan penanganan untuk dicegah. RCA sendiri dibuat berdasarkan pengamatan terhadap suatu kasus. Root dari RCA mempunyai tiga jenis yaitu; *Physical roots*, *Human roots*, dan *Latent roots*. Analogi pohon pada Gambar 2.4 menjelaskan kenapa RCA disebut sebagai *Root Cause analysis*.



Gambar 2.4 Analogi dari RCA (Scutti and James, 2001)

Pada Gambar 2.4 kejadian-kejadian yang terjadi dalam sebuah sistem dianalogikan sebagai daun-daun yang ada pada pohon, batang pohon menganalogikan sebuah penyebab dari kejadian, dan akar dari pohon menganalogikan sumber-sumber dari penyebab kejadian pada daun pohon.

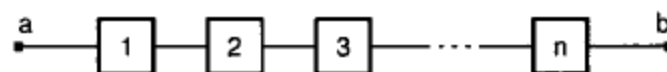
2.8.2. *Reliability Block Diagram*

RBD adalah *success-oriented network* yang menjabarkan fungsi dari sebuah sistem (*System Reliability Theory, Rausand&Hoyland 2004*). RBD merupakan gambaran secara grafis tentang hubungan komponen yang ada di dalam sistem. RBD digunakan untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem secara kuantitatif.

Untuk membuat blok diagram keandalan suatu sistem, antara bentuk fisik sistem dan model blok diagram keandalan sistem tidak harus selalu sama. Susunan blok diagram keandalan ini pada dasarnya terdiri dari susunan seri dan parallel atau kombinasi dari keduanya.

- Sistem Seri

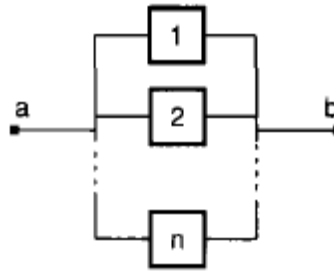
Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan seri jika komponen-komponen yang ada di dalam sistem tersebut harus bekerja atau berfungsi seluruhnya agar sistem tersebut sukses dalam menjalankan tugasnya. Gambar 2.5 menunjukkan bentuk blok seri pada sebuah RBD.



Gambar 2.5 RBD dari Sistem Seri (Rausand&Hoyland 2004)

- Sistem Paralel

Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan paralel jika komponen yang ada di dalam sistem tidak perlu melewati semua blok untuk dapat disebut sukses. Gambar 2.6 menunjukkan bentuk blok paralel pada sebuah RBD.



Gambar 2.6 : RBD Sistem Paralel (Rausand&Hoyland 2004)

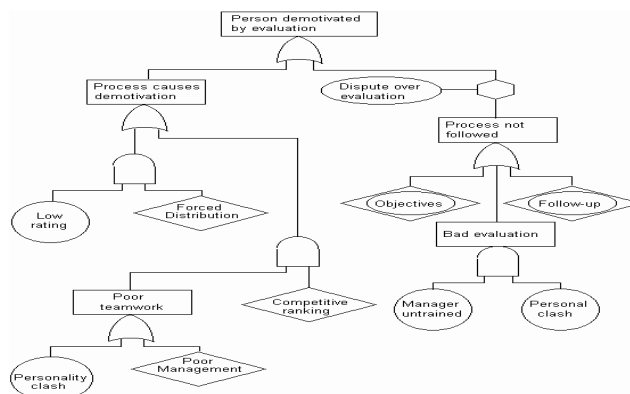
2.8.3. Fault Tree Analysis

FTA adalah cara sistematis untuk mengidentifikasi semua kemungkinan kesalahan yang dapat menyebabkan kegagalan yang membahayakan sebuah sistem. FTA menyediakan deskripsi singkat dari berbagai kombinasi kejadian dalam sebuah sistem yang berujung pada titik kritis kejadian. FTA membantu mengidentifikasi dan mengevaluasi *critical components*, *fault paths*, dan *possible errors*.

Elemen kunci dari FTA termasuk:

- Gates* yang merepresentasikan hasil.
- Events* yang merepresentasikan input untuk gates.
- Cut sets*, sekelompok *event* yang dapat menyebabkan kegagalan sistem.

FTA dapat dilakukan secara kuantitas dengan menggambar pohon dan mengidentifikasi basis kejadian. Akan tetapi, untuk menentukan kemungkinan *top event* maka *probability* dan *reliability* harus ada di setiap *basic event*. Gambar 2.7 menunjukkan bahwa untuk setiap kesalahan, FTA mempunyai alasan kejadian dan alasan tersebut dapat dipecah menjadi penyebab akhir yang tidak dapat dipecah.



Gambar 2.7 FTA (O'Connor & Kleyner, 2012)

Untuk metode *bottom-up*, yang termasuk adalah; *Event Tree Analysis* (ETA), FMEA, dan *Hazard and Operability Study* (HAZOP).

2.8.4. Failure Modes and Effect Analysis

FMEA merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa suatu sistem dan penyebab kegagalannya untuk mencapai persyaratan keandalan dan keamanan sistem, desain dan proses dengan memberikan informasi dasar mengenai prediksi keandalan sistem, desain, dan proses.

FMEA mengidentifikasi tiga hal yaitu:

- Penyebab kegagalan dari sistem
- Efek dari kegagalan tersebut
- Tingkat kritisitas kegagalan tersebut

Output dari FMEA adalah:

- Mode Kegagalan yang potensial dari sebuah sistem
- Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.
- Daftar mitigasi

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Failure Modes Effect Analysis Template										
MEEG 467 - Special Topics in Design										
24-Mar-06										
Component or Process Function	Failure Mode	Cause of Failure	Possible Effect	Potential Severity	Probability of Occurrence	Probability of Not Detecting	Risk Priority Number (RPN)	Preventative Action		
Example: Hydraulic Hose	Burst	Over - Pressure	Loss of Operation (Catastrophic)	10	4	10	400	Install Pressure Relief Valve		
	Leak	Weathering	Oil Drip	4	1	2	8	Shield UV Light		
	Leak	Pinching	Oil Drip	4	7	2	56	Re-Route Hoses Around Pinch-Points		

Gambar 2.8 Contoh FMEA dari Hydraulic Hose (Azadeh & Ebrahimipour, 2009)

Gambar 2.8 menjelaskan sebuah FMEA dari selang hidrolik. FMEA tersebut menjelaskan tiga jenis kegagalan dari selang hidrolik yaitu, pecah akibat kelebihan tekanan, bocor akibat pengaruh cuaca, dan bocor akibat tertekan. Setiap jenis mode kegagalan FMEA menjelaskan skala prioritasnya berdasarkan *occurrence*, *severity*, *detection* yang disebut *risk priority number* atau RPN.

2.9. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dicari dalam tugas akhir ini adalah data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif berbentuk deskriptif, berupa kata-kata lisan atau tulisan tentang tingkah laku manusia yang dapat diamati (Taylor dan Bogdan, 1984). Sedangkan data kuantitatif berbentuk bilangan atau angka. Data kuantitatif yang berhubungan dengan keandalan sangat sedikit dimiliki oleh galangan sehingga penelitian lebih difokuskan dalam mencari data kualitatif sebagai dasar acuan.

Data kualitatif yang dicari dari galangan ada beberapa jenis yaitu:

- Hasil pengamatan.
- Hasil wawancara.
- Dokumen-dokumen galangan.

Berdasarkan Tabel 2.1 tipe dan teknik untuk pengambilan data kualitatif dapat dilihat berdasarkan tipe data yang dicari:

Tabel 2.1 Tabel Teknik Pengumpulan Data (Zelditch, 1979)

Tipe Data	Teknik Pengumpulan Data		
	Enumerasi & Sampel	Pengamatan Berperanserta	Wawancara Mendalam
Distribusi, frekuensi	Prototipe dan bentuk terbaik	Umumnya tidak memadai dan tidak efisien	Kadang-kadang tetapi tidak selalu memadai; jika memadai maka efisien
Kejadian, sejarah	Tidak memadai, tidak efisien	Prototipe dan bentuk terbaik	Memadai dan efisien asalkan berhati-hati
Norma, status	Memadai, tetapi tidak efisien	Memadai tetapi tidak efisien, kecuali menggali norma yang tidak terucapkan	Prototipe dan bentuk terbaik

Berdasarkan Tabel 2.1, untuk penelitian ini teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dengan pengamatan & berperanserta dan wawancara mendalam. Teknik ini digunakan karena tipe data yang dicari di galangan adalah data historis dan status dari perbaikan kapal.

2.10. Teknik Analisa Data

Terdapat tiga langkah analisis data kualitatif, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Reduksi data adalah proses pemilihan, pemusatan perhatian pada penyederhanaan, pengabstrakan dan transformasi data kasar yang muncul dari catatan-catatan tertulis di lapangan. Proses ini berlangsung terus menerus selama penelitian berlangsung, bahkan sebelum data benar-benar terkumpul sebagaimana terlihat dari kerangka konseptual

penelitian, permasalahan studi, dan pendekatan pengumpulan data yang dipilih oleh peneliti. (Miles & Huberman, 1992)

Reduksi data meliputi meringkas data, memberikan kode, menelusur tema, membuat poin penting. Reduksi data sering dilakukan karena merupakan bentuk analisis yang menajamkan, menggolongkan, mengarahkan, membuang yang tidak perlu, dan mengorganisir data sehingga kesimpulan akhir dapat diambil. Reduksi tidak sama dengan kuantifikasi data.

Cara mereduksi data adalah dengan:

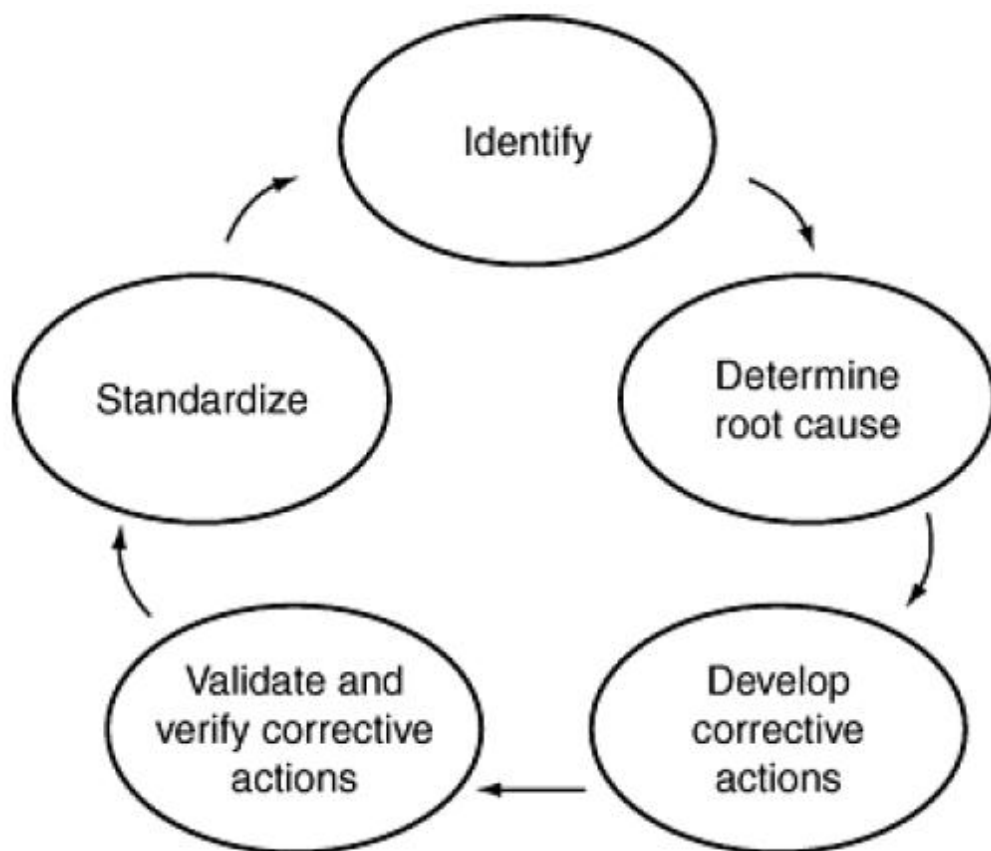
- Menyeleksi data dengan ketat.
- Dijadikan ringkasan atau dibuat uraian singkat.
- Menggolongkan dalam pola yang lebih luas.

Setelah data di analisa, maka data perlu disajikan. Dalam penelitian ini data disajikan dalam bentuk naratif dan dalam bentuk gambar. Bentuk gambar yang dimaksud adalah bentuk grafik, tabel, kerangka kerja, dan daftar. Sehingga data lebih mudah untuk digunakan. Penarikan kesimpulan dicari mengikuti alur yang dibuat dalam metodologi kesimpulan. Dan hasil kesimpulan disajikan dalam bentuk narasi atau gambar informasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Model Proses Penyelesaian Masalah

Untuk menyelesaikan penelitian tentang analisa kegagalan tentang suatu hal, dibutuhkan dasar pengambilan keputusan atau setidaknya rangka pengerjaan sehingga dapat diperoleh sebuah kesimpulan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu model garis besar penyelesaian masalah yang ilmiah. James J. Scutti dalam buku *Introduction to failure Analysis and Prevention* mendefinisikan sebuah model proses penyelesaian masalah yang diadaptasi dari beberapa *problem solving model* yang ada. Model yang ia keluarkan mempunyai bentuk grafik melingkar yang mengindikasikan bahwa proses terus menerus dilakukan. (Scutti & McBrine, Concept of Failure Analysis and Prevention, 2001)



Gambar 3.1 Model Umum Penyelesaian (Scutti & McBrine, 2001)

Langkah-langkah dalam Gambar 3.1 tersebut menunjukkan proses yang terjadi dalam penyelesaian masalah yang terdiri dari:

1. *Identify* (Identifikasi Masalah)

Mendefinisikan permasalahan yang terjadi pada sistem dan akibat yang terjadi pada sistem tersebut lalu melakukan pencarian data untuk mendukung pengukuran masalah.

2. *Determine Root Cause* (Mencari akar Permasalahan)

Melakukan analisa untuk mencari akar dari permasalahan tersebut.

3. *Develop Corrective Actions* (Kembangkan Solusi Permasalahan)

Merancang solusi yang mungkin untuk diterapkan untuk mencegah terjadinya masalah, membuat solusi alternatif dan mengembangkan rencana implementasi.

4. *Validate and Verify Corrective Actions* (Mengesahkan dan Memeriksa *Corrective Action*)

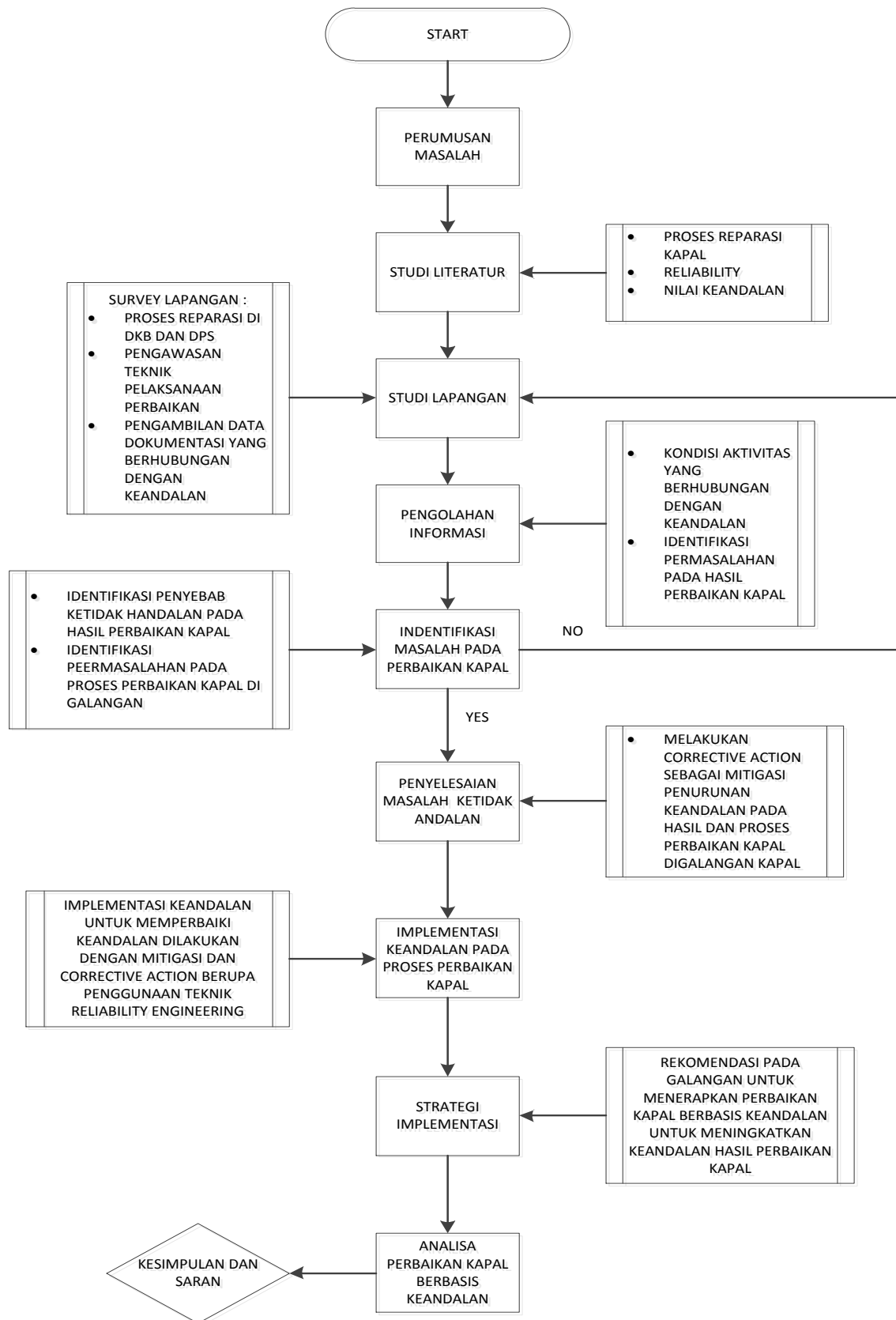
Melakukan studi tentang efek yang terjadi pada sistem tersebut setelah diterapkannya solusi terhadap masalah tersebut. Validasi solusi tersebut dan pemeriksaan apakah masalah dari sistem tersebut telah selesai.

5. *Standardize* (standarisasi)

Masukkan langkah penyelesaian masalah tersebut ke dalam sistem organisasi yang bersangkutan. Setelah itu dilakukan pengawasan untuk melihat ke efektifannya.

Berdasarkan model di atas maka dapat dilakukan penyesuaian terhadap studi implementasi yang kita lakukan terhadap keandalan pada perbaikan kapal. Penyesuaian dilakukan untuk mendefinisikan proses penyelesaian masalah pada keandalan di kalangan kapal sampai keluar kesimpulan dari implementasi keandalan. Proses pengerjaan studi implementasi ini dibuat dalam bentuk *flowchart* metodologi penelitian.

3.2. Flowchart Metodologi Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart Metodologi Penelitian

Dalam sub-bab ini akan dijelaskan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan berdasarkan urutan sistematis yang telah didasarkan pada model penyelesaian masalah ketidakandalan. Hasil dari suatu tahapan penelitian akan menjadi masukan pada tahapan berikutnya.

3.2.1. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dan tujuan penelitian yang disampaikan pada bab awal tugas akhir ini adalah hasil pengamatan dari proses perbaikan kapal di galangan kapal Indonesia yang nantinya menjadi fokus dari penelitian. Perumusan masalah mengacu pada latar belakang timbulnya masalah yang telah dibahas sebelumnya. Dengan membuat perumusan masalah dan tujuan penelitian yang jelas, diharapkan pada saat penelitian baik permasalahan maupun objek penelitian tidak mengalami perubahan yang signifikan sehingga hasil yang diharapkan dari tujuan penelitian ini dapat tercapai.

Berdasarkan perumusan masalah di Bab I, maka masalah yang ingin dipecahkan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Kondisi keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal.
2. Penyelesaian masalah keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal.
3. Implementasi keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal.

3.2.2. Studi Literatur

Dalam kegiatan ini dilakukan pencarian referensi dari berbagai sumber seperti buku literatur, peraturan perundang-undangan, pedoman galangan, peraturan IACS, artikel, dan sumber lainnya yang berkaitan dengan pemecahan masalah yang dihadapi dalam penelitian ini. Beberapa teori atau metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teori:

- a. Perbaikan Kapal.
- b. *Reliability* (Keandalan).
- c. *Human Reliability*.
- d. *Machine Reliability*.
- e. *Product/Material Reliability*.
- f. *System Reliability*.
- g. Perhitungan reliabilitas.

Teori tersebut dijadikan acuan dalam melakukan pengolahan dan analisa hasil pengolahan data.

3.2.3. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan di galangan kapal atau dok yang melakukan proses reparasi. Studi lapangan dilakukan untuk mencari data primer dan sekunder. Data-data yang dicari di galangan adalah sebagai berikut:

a. *Docking Report*

Adalah laporan hasil *repair* kapal di dok. Dokumen ini dibutuhkan karena menjelaskan uraian pekerjaan yang lengkap mengenai hasil pengerjaan perbaikan kapal baik volume dan jenis pekerjaan dan hasil pengerjaanya.

b. *Repair Flowchart*

Alur proses *repair* yang berlaku di galangan dibutuhkan untuk melihat alur kejadian yang terjadi saat perbaikan kapal, apakah perbaikan tersebut sudah maksimal dalam pengerjaanya? Atau masih ada tumpang tindih yang menyebabkan hasil dari proses perbaikan kapal tidak andal. *Repair flowchart* juga digunakan sebagai bahan analisa sumber kegagalan dari RCA.

c. *Standard Operation Procedure (SOP)*

Standard operation procedure adalah standar kualitas pengerjaan yang mencakup seluruh proses pengerjaan di galangan kapal. Data SOP dipakai untuk melihat sudah sejauh mana keandalan diterapkan dalam semua proses perbaikan kapal.

d. *Job Order*

JO adalah *list* pekerjaan beserta lokasi, uraian pekerjaan, volum, dan keterangan lain yang dibutuhkan dalam melengkapi JO.

e. *Repair List*

Repair List adalah *list* pekerjaan hasil survey awal sebelum masuk dok. *Repair list* ini berisi pekerjaan apa saja yang harus dilakukan untuk memperbaiki kapal. *Repair list* ini dikeluarkan oleh *owner* kapal yang nantinya akan diperiksa oleh galangan.

f. Identifikasi Penilaian Bahaya dan Resiko

Adalah rangkuman identifikasi bahaya dan akibatnya. Ditambah dengan faktor *severity*, *occurrence*, dan *probability*.

g. *Standard* Kualitas Galangan

Dokumen berisikan *standard* kualitas hasil pekerjaan yang dilakukan di galangan.

3.2.4. Pengolahan Informasi

Pada tahap pengolahan informasi, yang dilakukan adalah membuat kerangka kerja dari proses perbaikan kapal yang ada di galangan saat ini. Diciptakannya kerangka kerja adalah untuk mempermudah penelitian tentang proses perbaikan kapal dan hasilnya. Setiap tahap akhir dari kerangka kerja tersebut adalah hasil dari perbaikan kapal. Hasil dari perbaikan kapal tersebut akan dicari permasalahan/kegagalan yang sering terjadi sehingga menyebabkan ketidakandalannya.

3.2.5. Identifikasi Masalah pada Perbaikan Kapal

Dari hasil analisa tersebut kemudian dicari sumber permasalahan yang terjadi. Dari sumber tersebut disimpulkan elemen yang menyebabkan hasil perbaikan kapal tidak andal dan berhubungan dengan proses perbaikan kapal. Data kegagalan komponen diperoleh dengan melakukan diskusi dengan *owner* surveyor dan melakukan studi literatur. analisa kegagalan dilakukan dengan bantuan RCA.

Elemen-elemen yang menyebabkan ketidakandalan pada komponen kapal tersebutlah yang nantinya akan dilakukan studi analisa sehinggaketidakandalan pada hasil perbaikan kapal dapat dinyatakan andal.

3.2.6. Penyelesaian Masalah Ketidakandalan

Setelah dilakukan identifikasi, maka dilakukan penelitian terhadap hasil identifikasi tersebut untuk mencari cara menjaga keandalan pada hasil perbaikan yang turun. Di tahap inilah dilakukan mitigasi yang berupa *corrective action*. Pada akhirnya nanti dikeluarkan rekomendasi, cara menghitung nilai keandalan, dan pendekatan proses perbaikan kapal berbasis keandalan.

3.2.7. Implementasi Keandalan pada Proses Perbaikan Kapal

Ditahap ini dilakukan studi implementasi nilai-nilai yang sudah dianalisa sebelumnya. Studi implementasi bertujuan untuk menerapkan hasil analisa yang berupa mitigasi. Mitigasi berisi cara untuk mencegah menurunnya keandalan proses dan hasil perbaikan kapal akibat elemen-elemen hasil identifikasi masalah.

3.2.8. Strategi Implementasi

Tahapan terakhir yaitu pembuatan strategi implementasi berupa rekomendasi-rekomendasi. Rekomendasi berisi saran bagaimana sebuah perbaikan kapal berbasis keandalan dapat diterapkan dalam sebuah galangan.

3.2.9. Analisa Perbaikan Kapal Berbasis Keandalan

Analisa dilakukan untuk mengambil kesimpulan tentang pengaruh akibat implementasi keandalan pada perbaikan kapal.

3.2.10. Kesimpulan dan Saran

Pembahasan disini adalah menarik kesimpulan-kesimpulan yang sudah didapatkan pada bab-bab sebelumnya. Kesimpulan ditujukan untuk menjawab tujuan dan rumusan masalah.

BAB IV

KONDISI PERBAIKAN KAPAL DI GALANGAN

4.1. Perbaikan Kapal di Galangan

Pada bab ini penulis melakukan pengamatan perbaikan kapal di dua galangan kapal Indonesia. Pengamatan dilakukan untuk mencari data seperti yang sudah dijabarkan pada bab sebelumnya. Pada bab ini, dijabarkan proses reparasi yang terjadi di Galangan Dok & Perkapalan Surabaya dan Dok Kodja Bahari Jakarta. Proses pencarian data dilakukan dengan wawancara dan mencatat data pengerjaan yang ada di arsip DPS dan DKB.

4.1.1. Pengamatan Perbaikan Kapal di Dok dan Perkapalan Surabaya

4.1.1.1. Overview Kondisi Galangan

Dok dan Perkapalan Surabaya adalah salah satu galangan BUMN yang terdepan dalam jajaran galangan terbaik di Indonesia. Dimulai dari beberapa tahun yang lalu DPS membuat sebuah strategi diversifikasi dalam hal servis, yaitu dengan fokus dalam bidang reparasi kapal. Kebijakan ini diambil untuk mengambil keuntungan dalam bidang perbaikan kapal di Indonesia yang di *forecast* akan semakin banyak untuk ke depannya.

DPS terletak di Pelabuhan Tanjung Perak kota Surabaya, kota terbesar kedua di Indonesia. Untuk sertifikasi, DPS telah memenuhi beberapa *Quality Assurance Standard* berupa:

- Kebijakan Mutu ISO 9001:2008
- Tujuan Mutu ISO 9001:2008
- Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001:2007

DPS juga mempunyai *Code Of Conduct* (Etika Kerja dan Etika Usaha). CoC tersebut berisi bagaimana seharusnya perusahaan dan semua elemennya bekerja sebagai sebuah sistem yang mempunyai sifat yang disetujui dalam CoC. CoC sendiri berisi Visi Misi Perusahaan, nilai dasar perusahaan yang selalu ditunjukkan dalam setiap kegiatan.

Dalam manajemen kebijakan mutu perusahaan DPS mengikuti ISO 9001:2008 yang berisi komitmen untuk memberikan jaminan mutu dan keselamatan & kesehatan kerja pada seluruh aspek operasional perusahaan dan pengambilan keputusan strategis. Untuk garis besar sasaran yang ingin dicapai oleh DPS selama 2014-2015 adalah:

1. Efektivitas Sistem Manajemen Mutu & Keselamatan dan Kesehatan Kerja 80%.
2. Kepuasan pelanggan 90%.
3. Pencapaian target program K3 90%.
4. Peningkatan kompetensi karyawan 10%.
5. Standar *waste* per proyek reparasi 3%, per proyek bangunan baru.

4.1.1.2. Proses Perbaikan Kapal

Proses perbaikan kapal yang berlangsung di DPS dilakukan berdasarkan *Standard Operation Procedure* yang telah dibuat oleh galangan. Berdasarkan pengamatan di galangan maka proses yang terjadi di galangan adalah:

1. Pra-Docking

a. Pengajuan Repair List

Disini yang bekerja adalah para *owner* yang diwakilkan *owner* surveyor (OS). OS ini akan mengajukan *repair list* yang mereka buat berdasarkan hasil temuan dari ABK dan *list* rencana *repair* yang mereka jadwalkan untuk kapal mereka. Umumnya *repair list* ini berisi lebih sedikit dari *repair list* akhir yang keluar.

b. Survey Awal

Survey awal dilakukan untuk memastikan kondisi kapal sebelum masuk dok dan dicocokkan ke *repair list* yang mereka ajukan. Hal ini dilakukan untuk menghindari ketidaksamaan pandangan pada kondisi kapal yang mengakibatkan kerugian di satu pihak.

c. Perhitungan Material & Harga

Perhitungan material dilakukan untuk mendapatkan harga awal untuk kontrak pengerjaanya. Materialnya sendiri adalah hasil perhitungan dari *repair list* yang telah disetujui oleh galangan.

d. Perintah Kerja

Disini galangan mengeluarkan perintah kerja berdasarkan hasil temuan dari *repair list* di galangan, nantinya perintah kerja ini disebarkan ke semua penanggung jawab dari pekerjaan *repair* kapal.

e. Koordinasi

Koordinasi dilakukan untuk menyamakan persepsi dan *briefing* semua pihak yang terlibat dan bertanggung jawab terhadap proyek. Tahap ini dilaksanakan oleh pimpinan proyek. Dimana pimpinan proyek berkoordinasi dengan pihak terkait sebelum dimulainya pekerjaan.

2. *Docking*

a. Persiapan

Tahap persiapan yaitu tahap sebelum kapal masuk ke *floating dock* atau menambat di *floating dock*. Pada tahap persiapan ini galangan mulai menyiapkan listrik, air tawar, penerangan, keamanan, dan hal-hal lain yang dibutuhkan selama pengerjaan doking.

b. Kapal Masuk Dok

Pada tahap ini kapal dimasukkan ke dok atau ditambatkan ke dok apung dengan arahan dok master dan bantuan kapal tunda.

c. Survey

Survey ini dilakukan untuk melihat kondisi kapal yang berada di bawah garis air. Dikarenakan bagian kapal di bawah garis air belum dilakukan survey maka bagian tersebut dilakukan survey ketika kapal sudah berada di atas dok apung.

d. Proses Pelaksanaan

Proses pelaksanaan perbaikan kapal digalangan dilakukan seperti pada umumnya.

e. Pemeriksaan dan Tes Hasil Perbaikan Kapal

Kegiatan ini dilakukan untuk mengecek kualitas hasil perbaikan kapal.

3. Keluar Dok

4. *Sea Trial*

4.1.1.3. Implementasi Keandalan di DPS

Untuk melihat sudah sejauh mana PT.DPS mengimplementasi keandalan. Peneliti menggunakan bantuan tabel *Journey to Reliability and Maintenance Mastery* yang disusun oleh Mike Sondalini (2007), Konsultan *Reliability* dari Australia. Beliau menyusun sebuah tabel yang memetakan sebuah organisasi atau perusahaan dalam tingkatan seberapa jauh sudah menerapkan keandalan dalam organisasi tersebut.

Tingkatan yang dibuat oleh Mike Sondalini adalah *innocence* atau polos, *aware* atau sadar, *understand* atau mengerti, *compentence* atau sanggup, *excel* atau unggul, dan *master* atau menguasai. Berdasarkan tabel tersebut tingkatan penerapan keandalan dalam *leadership*, *capability*, *system*, dan proses dibagi berdasarkan beberapa tingkat. Tingkatan tersebut adalah:

- *Innocence*
Tahap ini tidak ada pengimplementasian keandalan dalam suatu sistem.
- *Awareness*
Pada tahap ini keandalan sudah mulai disadari, namun sistem tersebut belum melakukan apapun untuk mencapai itu.
- *Understanding*
Pada tahap ini sistem tersebut sudah mulai menjadikan keandalan sebagai salah satu *decisive factor* dari sistem tersebut.
- *Competence*
Tahap ini terjadi ketika implementasi keandalan dalam sistem sudah dilakukan selama beberapa tahun dan telah dilakukan *improvement* berdasarkan *History record*.
- *Excellence*
Tahap ini adalah tahap dimana sistem sudah mulai melakukan *forecast reliability* terhadap masa depan dan memamkai sistem kerja yang *fully-aware of reliability*.
- *Mastery*
Tahap ini terjadi ketika sistem telah menerapkan keandalan pada level tertinggi di semua komponen penyusun sistem tersebut.

Tabel 4.1 Kemampuan Kepemimpinan dalam *Reliability* (Sondalini, 2007)

	Leadership and Capability				
	Maintenance Vision & Strategy	Performance Measures	Organization Structure	Human Resources	Knowledge Base
Mastery	Quality System managed Accuracy Controlled Enterprise where everyone in every department works to 3T error prevention procedures; Lean philosophies improve processes	Business strategy focus; Maximising Life Cycle Profit; Defect And Failure True (DAFT) Cost database	Integrated cross-functional teams incorporating financial, engineering, operations and maintenance	Empowered, flexible, cross-functional teams of experts working to scientific discipline	Continually learning, pushing-out the boundaries of human knowledge and understanding, Six Sigma discipline is normal
Excellence	Personnel action plans; appraisals are clearly tied to the maintenance strategy	On-going benchmarking of metrics and processes; Full cost database	Total Productive Maintenance where operators drive reliability, fault-find and maintain equipment; root cause failure analysis by operators and maintainers	Empowered, flexible, world-class workers; self-managed teams	Expert systems used; fully integrated CMMS common database
Competence	Reliability focused Maintenance improvement action plan is linked to the maintenance Management Strategy	Statistical process control applied to maintenance process measures; Equipment specific maintenance costs available	Established teams for achieving key objectives in the Maintenance Management Strategy	Multi-skilled trades with process capability analysis and basic operating skills	Easy access to knowledge bases available to all employees at all times
Understanding	A clear Maintenance vision and strategy is documented and communicated to all employees	Input – Output process measures reviewed and displayed; Downtime by cause; Segregated maintenance costs reviewed	Decentralized with central support; Clearly written, mandates/roles for each maintenance function and group	Trades have problem identification and solving; team dynamics and training skills	Document control system established; CMMS installed and used to manage knowledge bases
Awareness	No clearly documented role of maintenance; No Maintenance vision or strategy	Some downtime records; Maintenance costs regularly available, but not segregated into arealine	Centralized maintenance group with alignment to production; Team approach to technical problems	Trades have OH&S and maintenance support (inspection, reporting) skills	Plant register established and useful data collected; central technical library; All drawings and equipment information identified
Innocence	The main role is to fix it when it breaks/fails	Incomplete or no maintenance downtime records; Maintenance costs not readily available	Centralized maintenance group with no alignment to production; Command and Control' approach	Trades have their basic trade skills, however little or no technical knowledge or support and training given	Ad-hoc records kept for purchasing; No plant register or control of drawings

Berdasarkan pemetaan pada Tabel 4.1 di atas, DPS mereka berada pada level sadar keandalan untuk bidang perhitungan performa, sumber daya, dan pembelajaran. Dan berada di level mengerti keandalan untuk di bidang struktur organisasi dan visi & misi *maintenance*.

Tabel 4.2 Kemampuan Sistem dan Proses dalam *Reliability* (Sondalini, 2007)

Systems and Processes				
Maintenance Strategy	Stores and Materials Management	Planning & Scheduling	Contractor Management	Reliability Improvement
Precision Domain drives all engineering, installation, operations and maintenance work; Risk analysis and management normal	Materials problems designed-out, OEM monitors real-time information on critical parts' condition and carries necessary spares	Maintenance reducing as continual improvements extend time between outages; continually reducing time to repair with Lean philosophies	Small teams of experts servicing entire local industry delivering precision maintenance and design-out maintenance with profit sharing	Reliability growth pervades thinking. 'Design and Operations Cost Total Optimized Risk' (DOCTOR) is used to minimise all operating risks throughout the facility's life.
Preventive & Predictive plans continuously optimized; the 'right' maintenance tactic is applied based on analysis	Stores system integrated to CMMS and accounting system; bar coding or radio frequency tags of all stores items; World-class Stores Management	>90% all maintenance is planned and >95% first-times schedule compliance; rolling schedule fixed for the week ahead	Small numbers of contractors on long term sharing partnership agreements with high innovativeness	Risk and unplanned failure reduced to best in industry by reliability analysis and modeling. Reliability Growth Cause Analysis (RGCA) applied during project design
Preventive & Predictive plans exist for all maintainable items; emphasis on PdM. All tactics understood	Single source supplier partnerships established and effective; Area stores with visual controls; Reliability of spares maintained; Suppliers provide technical expertise	Long term asset planning established; Critical path analysis used for all rebuilds and shutdowns	Contractors are established based on principle of 'risk sharing'; Contractors provide technical expertise	Effective Root Cause Analysis (RCA) applied to equipment problems to extend life
Preventive & Predictive plans exist for key equipment; Compliance to scheduled plan is more than 95%	Spares classified with separate strategies; Spares linked to BOMs/Equipment Drawings; Standardization policies exist; ABC spares management with 'A' spares protected	All but unexpected failures planned; All planned jobs specify safety, labour, materials, tools, technical details	All contractors repairing rotables are capable of Original Equipment Manufacturer's testing	Basic equipment conditions established; Good failure databases; All major failures investigated; RMs modified based on site experience
System to identify all maintainable items exists; Emphasis on time-based overhauls and inspections	Stores catalogue established; Inventory accuracy >95%; Goods receiving practices in-place	Work Request/Work Order system established; Major rebuilds, shutdowns fully planned and programmed	Contractors used for peak loads and non-core maintenance work	Collect the failure data; Equipment histories occasionally reviewed for failure analysis
"If it ain't broke don't fix it"; Annual shutdown and inspections only	Ad-hoc stores; No costing or control of spares	No planning function; planning done on-the-run; Short term focus	All maintenance carried out by in-house team, which may include individual contractors	No failure records

Berdasarkan pemetaan Tabel 4.2 di atas, DPS berada pada tahap sadar untuk bidang strategi *maintenance*, manajemen gudang dan material, dan pengembangan keandalan. DPS berada pada tahap polos untuk masalah manajemen kontraktor untuk *maintenance*. Dan berada pada level mengerti untuk bidang *planning* dan *scheduling* berdasarkan tabel kedalaman penerapan keandalan sistem dan proses.

4.1.1.4. Kasus Ketidakandalan Pada DPS

Dari hasil pengamatan penulis yang dilakukan di galangan di DPS, penulis mendapatkan beberapa temuan tentang kondisi di galangan dan kondisi yang diceritakan oleh beberapa narasumber berbeda. Temuan-temuan tersebut akan coba dikaitkan dengan kondisi keandalan yang ada di galangan kapal. Temuan-temuan tersebut adalah:

1. *Repair plan* telah dijalankan, namun tidak adanya pengawasan yang berkelanjutan terhadap perencanaan yang dirancang. Padahal pengawasan adalah salah satu faktor penting untuk mencegah penurunan keandalan dari perbaikan kapal dan hasil perbaikan kapal.
2. Organisasi perbaikan kapal telah dilakukan berdasarkan pembagian kerja. Namun perlu diketahui untuk pekerjaan yang di sub kontrakkan, sistem organisasi terpisah dari galangan. Hal ini menyebabkan tidak ratanya standar pengerjaan di galangan. Pada akhirnya, perbedaan sistem organisasi ini dapat menyebabkan menurunnya standar mutu yang ingin dicapai oleh galangan.
3. *Controlling* minim yang dilakukan oleh galangan sehingga dapat menyebabkan terjadinya alterasi dari reparasi yang direncanakan oleh pekerja lapangan. Kiblat kerja Indonesia yang memakai sistem padat karya menyebabkan tidak fokusnya seorang pegawai terhadap pekerjaannya. Hal ini menyebabkan menurunnya nilai keandalan dari hasil perbaikan kapal tersebut.
4. Pengecekan material sudah dilakukan dengan benar dan mengikuti SOP dan *Yard Quality Standard*. Namun pengecekan keandalan atau setidaknya pengecekan umur dari komponen hasil perbaikan kapal belum dilakukan. Pengecekan hanya untuk kondisi saat itu saja. Sehingga tidak menjamin kualitas barang beberapa bulan ke depan.
5. Sering terjadi dimana *authorized personel* tidak ada di lapangan sehingga membatasi gerak untuk bergerak dengan cepat. Dengan adanya *authorized personel*, semua komunikasi yang berkaitan dengan perbaikan kapal dapat dilakukan dengan cepat dan memperkecil kemungkinan kecurangan yang terjadi.
6. Kurangnya pencatatan untuk setiap kegagalan dan kesalahan yang terjadi di galangan. Di sisi lain, proses pencatatan *history* ini sangat penting untuk membangun sebuah sistem yang berbasis keandalan.

7. Pada hasil perbaikan kapal di DPS, pernah terjadi kerusakan yang berujung sebuah kapal harus melakukan *docking* ulang untuk memperbaiki komponen yang rusak sebelum waktunya.
8. Pada proses perbaikan kapal di DPS sering terjadi pekerjaan *rework* yang berulang-ulang karena hasilnya tidak diterima oleh *owner surveyor* dan klasifikasi kapal.
9. Sistem perawatan sarana dan prasarana di DPS belum menerapkan teknik RCM untuk mesin produksinya. Hal ini berakibat perawatan yang dilakukan pada permesinan untuk produksi belum efektif.

Adapula beberapa masukan terhadap galangan yang berasal dari beberapa *owner surveyor* yang kapalnya sedang melakukan proses perbaikan kapal. Beberapa masukan dan komentar terhadap galangan tersebut adalah:

1. Penjawalan dari galangan DPS masih sering kacau dan mengecewakan pengguna jasa perbaikan kapal digalangan. Hal ini dapat berakibat turunnya kepercayaan dari pengguna jasa.
2. Proyek perbaikan kapal di galangan masih sering tidak tepat waktu. Menurut OS hal ini disebabkan karena kurangnya jumlah SDM di galangan dan *skill* yang kurang memadai. Salah satu kemungkinannya adalah karena proses perbaikan kapal yang tidak andal sehingga banyak pekerjaan *rework*.
3. *Suply Chain* dari komponen kapal yang sering mengecewakan dan membuat kapal tidak tepat waktu.
4. Prosedur birokrasi di DPS sulit dan berbelit-belit.
5. Secara keseluruhan para *owner surveyor* mengakui bahwa hasil perbaikan kapal di DPS bagus dengan skala 3.5 dari 5 (TA Rani Nurwanti 2016). Namun yang digaris bawahi oleh mereka adalah waktu pengerjaan yang sering tidak tepat waktu.

4.1.2. Pengamatan Perbaikan Kapal di Dok dan Perkapalan Kodja Bahari Jakarta

4.1.2.1. Overview Kondisi Galangan

Dok dan Perkapalan Kodja Bahari adalah salah satu galangan BUMN yang terdepan dalam jajaran Galangan Kapal Tertua di Indonesia. Untuk DKB, galangan ini masih melakukan pembangunan kapal baru dan jasa perbaikan kapal secara bersamaan. DKB terletak di Pelabuhan Tanjung Priuk kota Jakarta, ibu kota Indonesia.

Untuk soal manajemen DKB telah terakreditasi nasional dan internasional oleh:

1. Llyod Register Quality Assurance ISO 9001.
2. UKAS Management System 001.
3. Sucofindo-SICS OHSAS 18001.
4. SNK3 (Standar Nasional Kesehatan dan Keselamatan Kerja).

DKB sendiri adalah sebuah perusahaan besar yang mempunyai banyak cabang galangan yang tersebar di beberapa kota di Indonesia. Untuk penelitian ini galangan yang disurvei adalah DKB galangan II yang terletak di belakang kantor pusat DKB Jakarta. Galangan ini mempunyai fasilitas *graving dock* dan fasilitas *floating dock*.

4.1.2.2. Proses Perbaikan Kapal

Tahapan proses pengerjaan perbaikan kapal di DKB secara garis besar sama seperti di DPS Surabaya. Survei galangan II DKB tidak meneliti sampai ke teknis proses perbaikan kapal dikarenakan keterbatasan waktu dan kesempatan dari peneliti. Namun peneliti mendapatkan banyak dokumen yang berhubungan dengan kualitas dan SOP dari galangan. Peneliti juga melakukan wawancara dengan kepala divisi *engineering*, kepala divisi quality control, kepala divisi produksi, dan kepala bengkel konstruksi untuk menanyakan tentang keandalan di galangan.

4.1.2.3. Penerapan Keandalan di DKB

Untuk melihat sudah sejauh mana PT.DKB mengimplementasi keandalan. Peneliti menggunakan bantuan tabel Journey to *Reliability and Maintenance* Mastery yang disusun oleh Mike Sondalini (2007) Konsultan *Reliability* dari Australia. Beliau menyusun sebuah tabel yang memetakan sebuah organisasi atau perusahaan dalam tingkatan seberapa jauh sudah menerapkan keandalan dalam organisasi tersebut.

Tabel 4.3 Tabel Kemampuan Kepemimpinan dalam *Reliability* (Sondalini, 2007)

	Leadership and Capability				
	Maintenance Vision & Strategy	Performance Measures	Organization Structure	Human Resources	Knowledge Base
Mastery	Quality System managed Accuracy Controlled Enterprise where everyone in every department works to 3T error prevention procedures; Lean philosophies improve processes	Business strategy focus; Maximising Life Cycle Profit; Defect And Failure True (DAFT) Cost database	Integrated cross-functional teams incorporating financial, engineering, operations and maintenance	Empowered, flexible, cross-functional teams of experts working to scientific discipline	Continually learning, pushing-out the boundaries of human knowledge and understanding. Six Sigma discipline is normal
Excellence	Personnel action plans; appraisals are clearly tied to the maintenance strategy	On-going benchmarking of metrics and processes; Full cost database	Total Productive Maintenance where operators drive reliability, fault-find and maintain equipment; root cause failure analysis by operators and maintainers	Empowered, flexible, world-class workers; self-managed teams	Expert systems used; fully integrated CMMS common database
Competence	Reliability focused Maintenance improvement action plan is linked to the maintenance Management Strategy	Statistical process control applied to maintenance process measures; Equipment specific maintenance costs available	Established teams for achieving key objectives in the Maintenance Management Strategy	Multi-skilled trades with process capability analysis and basic operating skills	Easy access to knowledge bases available to all employees at all times
Understanding	A clear Maintenance vision and strategy is documented and communicated to all employees	Input – Output process measures reviewed and displayed; Downtime by cause; Segregated maintenance costs reviewed	Decentralized with central support; Clearly written, mandates/roles for each maintenance function and group	Trades have problem identification and solving; team dynamics and training skills	Document control system established; CMMS installed and used to manage knowledge bases
Awareness	No clearly documented role of maintenance; No Maintenance vision or strategy	Some downtime records; Maintenance costs regularly available, but not segregated into arealine	Centralized maintenance group with alignment to production; Team approach to technical problems	Trades have OH&S and maintenance support (inspection, reporting) skills	Plant register established and useful data collected; central technical library; All drawings and equipment information identified
Innocence	The main role is to fix it when it breaks/fails	Incomplete or no maintenance downtime records; Maintenance costs not readily available	Centralized maintenance group with no alignment to production; Command and Control approach	Trades have their basic trade skills, however little or no technical knowledge or support and training given	Ad-hoc records kept for purchasing; No plant register or control of drawings

Berdasarkan pemetaan Tabel 4.3 di atas, DKB berada pada level sadar keandalan untuk bidang perhitungan performa, dan pembelajaran. Dan berada di level mengerti keandalan untuk di bidang struktur organisasi dan visi & misi *maintenance*. Untuk pendalaman kemampuan bidang *human resource* penulis tidak mendapatkan pengamatan dan data yang cukup untuk menyimpulkan.

Tabel 4.4 : Tabel Kemampuan Sistem dan Proses dalam *Reliability* (Sondalini, 2007)

Systems and Processes				
Maintenance Strategy	Stores and Materials Management	Planning & Scheduling	Contractor Management	Reliability Improvement
Precision Domain drives all engineering, installation, operations and maintenance work; Risk analysis and management normal	Materials problems designed-out, OEM monitors real-time information on critical parts' condition and carries necessary spares	Maintenance reducing as continual improvements extend time between outages; continually reducing time to repair with Lean philosophies	Small teams of experts servicing entire local industry delivering precision maintenance and design-out maintenance with profit sharing	Reliability growth pervades thinking. 'Design and Operations Cost Total Optimized Risk' (DOCTOR) is used to minimise all operating risks throughout the facility's life.
Preventive & Predictive plans continuously optimized; the 'right' maintenance tactic is applied based on analysis	Stores system integrated to CMMS and accounting system; bar coding or radio frequency tags of all stores items; World-class Stores Management	>90% all maintenance is planned and >95% first-times schedule compliance; rolling schedule fixed for the week ahead	Small numbers of contractors on long term sharing partnership agreements with high innovativeness	Risk and unplanned failure reduced to best in industry by reliability analysis and modeling. Reliability Growth Cause Analysis (RGCA) applied during project design
Preventive & Predictive plans exist for all maintainable items; emphasis on PdM. All tactics understood	Single source supplier partnerships established and effective; Area stores with visual controls; Reliability of spares maintained; Suppliers provide technical expertise	Long term asset planning established; Critical path analysis used for all rebuilds and shutdowns	Contractors are established based on principle of 'risk sharing'; Contractors provide technical expertise	Effective Root Cause Analysis (RCA) applied to equipment problems to extend life
Preventive & Predictive plans exist for key equipment; Compliance to scheduled plan is more than 95%	Spares classified with separate strategies; Spares linked to BOMs/Equipment Drawings; Standardization policies exist; ABC spares management with 'A' spares protected	All but unexpected failures planned; All planned jobs specify safety, labour, materials, tools, technical details	All contractors repairing/rotables are capable of Original Equipment Manufacturer's testing	Basic equipment conditions established; Good failure databases; All major failures investigated; PMs modified based on site experience
System to identify all maintainable items exists; Emphasis on time-based overhauls and inspections	Stores catalogue established; Inventory accuracy >95%; Goods receiving practices in-place	Work Request/Work Order system established; Major rebuilds, shutdowns fully planned and programmed	Contractors used for peak loads and non-core maintenance work	Collect the failure data; Equipment histories occasionally reviewed for failure analysis
'If it ain't broke don't fix it'; Annual shutdown and inspections only	Ad-hoc stores; No costing or control of spares	No planning function; planning done on-the-run; Short term focus	All maintenance carried out by in-house team, which may include individual contractors	No failure records

Berdasarkan pemetaan Tabel 4.4 di atas, DKB berada pada tahap sadar untuk bidang strategi *maintenance*, manajemen gudang dan material, dan pengembangan keandalan dan berada pada level mengerti untuk bidang *planning* dan *scheduling* berdasarkan tabel ke dalam penerapan keandalan sistem dan proses.

4.1.2.4. Kasus Ketidakandalan di DKB

Dari hasil pengamatan penulis yang dilakukan di galangan II DKB, penulis mendapatkan beberapa temuan tentang kondisi keandalan dan kasus keandalan di galangan. Kasus dan kondisi diceritakan oleh beberapa narasumber berbeda. Temuan-temuan tersebut akan coba dikaitkan dengan kondisi keandalan yang ada di galangan kapal. Temuan-temuan tersebut adalah:

1. Tidak ada strategi khusus untuk menghitung atau menjadikan keandalan sebagai elemen pengambilan keputusan dalam perbaikan kapal. Kepala *Quality Control* berpendapat bahwa selama perbaikan kapal dilakukan dengan mengikuti *yard standard* yang ada, maka hasil perbaikan kapal akan baik dan andal.
2. Pengawasan berlanjut di DKB dilakukan namun tidak untuk semua komponen kapal. Pengawasan berlanjut dilakukan untuk beberapa komponen penting kapal seperti pompa-pompa, *kelistrikan*, dan mesin. Sedangkan untuk komponen lain belum.
3. Peralatan di galangan selalu dalam kondisi baik. Namun perlu diteliti lagi apakah *maintenance* yang dilakukan untuk menjaga kondisi mesin perbaikan digalangan sudah menggunakan kaidah keandalan atau belum.
4. Kurangnya pencatatan untuk setiap kegagalan dan kesalahan yang terjadi di galangan. Di sisi lain, proses pencatatan *history* sangat penting untuk membangun sebuah sistem yang berbasis keandalan.
5. Sumber daya manusia yang dapat dikatakan kurang memenuhi kebutuhan *skill* dari proyek sehingga menyebabkan keterlambatan proyek. Jika kita melihat ke teori keandalan, *skill* dan *experience* manusia sangat dibutuhkan untuk mencapai nilai keandalan yang baik pada perbaikan kapal.
6. Pada hasil perbaikan kapal di DPS pernah terjadi kerusakan kemudi gantung yang berujung sebuah kapal harus melakukan *docking* ulang untuk memperbaiki kemudi yang rusak sebelum waktunya (Kapal MT.KASIM). Hal ini terjadi karena teknologi kapal yang modern sehingga kemampuan galangan untuk memperbaiki kemudi kapal kurang memenuhi.
7. Pada proses perbaikan kapal di DPS sering terjadi pekerjaan *rework* yang berulang-ulang karena hasilnya tidak diterima oleh *owner surveyor* dan klasifikasi kapal.

4.1.3. Overview Survey di DPS dan DKB

Secara umum proses perbaikan kapal yang terjadi di DKB sama seperti yang ada di galangan DPS. Di DKB sendiri proses *repair* ditangani oleh Divisi Produksi. Di dalam divisi produksi terdapat pimpinan proyek yang menjadi koordinator dalam menjalankan proyek reparasi ini. Untuk di DPS, proyek perbaikan kapal dilakukan oleh pimpinan proyek namun tidak berada dibawah Divisi Produksi. Kualitas hasil pengerjaan di galangan ditentukan oleh berbagai komponen dan ditumpu oleh sistem yang baik dan didukung oleh SDM yang taat dalam melakukan perbaikan kapal.

Analisa keandalan perbaikan kapal dalam tugas akhir ini membahas perbaikan kapal pada dua galangan. Dua galangan dipilih sehingga peneliti dapat menarik kesimpulan untuk pengimplementasian terhadap mayoritas galangan di Indonesia. Pengambilan data selanjutnya dipecah menjadi informasi untuk dicari masalah dalam proses perbaikan kapal. Data yang diambil dari galangan yaitu *repair list* dan *docking repair list*. Ada beberapa data lain yang diambil sebagai pelengkap seperti *Yard Standard* dan SOP dari Perbaikan Kapal. Namun data tersebut hanya bersifat dokumen dan digunakan sebagai acuan pembahasan tentang keandalan dari galangan.

Repair list berisi daftar pekerjaan perbaikan kapal yang direncanakan akan dilakukan pada kapal. *Repair list* yang dipakai adalah *repair list* terakhir yang sudah disetujui oleh *owner* dan galangan. Sedangkan *docking repair list* berisi laporan pengerjaan perbaikan kapal yang sudah dilakukan oleh galangan. *Docking repair list* dan *repair list* sama-sama berisi tentang daftar pekerjaan. Tapi pada *docking repair list* ada keterangan hasil pekerjaanya dan realisasinya.

Pada sub bab selanjutnya akan dibahas beberapa *repair list* dan *docking repair list* dari kapal yang nantinya akan diambil kesimpulan mengenai pekerjaan perbaikan kapal apa saja yang ada di galangan kapal. Untuk memperlebar skala pengambilan pekerjaan perbaikan kapal maka penulis mengambil contoh 3 kapal yang masing-masing melakukan *docking* yang berbeda jenis. Jenis *docking* yang diambil adalah *special docking*, *annual survey*, *intermediate survey*, dan *special survey*.

Tabel 4.5 Kesimpulan Penerapan

	DKB	DPS
Visi dan Misi Maintenance	<u>Mengerti</u>	<u>Mengerti</u>
Pengukuran Kinerja	<u>Sadar</u>	<u>Sadar</u>
Struktur Organisasi	<u>mengerti</u>	<u>Mengerti</u>
SDM	<u>no-data</u>	<u>Sadar</u>
Knowledge Base	<u>Sadar</u>	<u>Sadar</u>
Strategi Maintenance	<u>Sadar</u>	<u>Sadar</u>
Managemen Material	<u>Sadar</u>	<u>Sadar</u>
Perencanaan dan Penjadwalan	<u>Mengerti</u>	<u>mengerti</u>
Managemen Kontraktor	<u>no-data</u>	<u>Polos</u>
reliability engineering	<u>sadar</u>	<u>Sadar</u>

Tabel 4.5 adalah tabel yang berisi tentang tingkatan implementasi keandalan yang sudah dilakukan di galangan DKB dan DPS. Secara garis besar, implementasi keandalan pada perbaikan kapal di kedua galangan tersebut masih minim. Sehingga berakibat pada tidak pastinya keandalan pada proses dan hasil perbaikan kapal. Kondisi inilah yang nantinya akan coba diselesaikan pada tugas akhir ini.

4.2. Hasil Survey Galangan

4.2.1. Docking Report KM.PORTLINK II

Tabel 4.6 Dimensi Utama KM.PORTLINK II

<u>SHIPS PARTICULAR</u>			
Length Over All	:	90.00	m
Length Between Perpendicular	:	65.00	m
Tinggi	:	6.00	m
Lebar	:	22.00	m
Draft	:	4.00	m
Gross Registered Tonnage	:	1998	GT
Daya Mesin	:	2 x 1454	HP
Pekerjaan	:	Special Docking	

Dalam dokumen berita acara pelaksanaan pekerjaan pada KM.Portlink II berisi uraian pekerjaan yang sudah dilakukan pada kapal yang bersangkutan, volume pekerjaan, durasi pekerjaan, dan keterangan tertentu yang menjelaskan pekerjaan dari kapal bersangkutan. Jenis pekerjaan yang dilakukan dalam *repair* kapal ini meliputi:

- *General Service*
 1. Pelayanan *tugboat*.
 2. Suplai *Listrik*.

3. Servis pembuangan sampah.
 4. *Security service* untuk kapal selama ada di dok.
 5. Persediaan air tawar dan segala bentuk penyuplaian dan pembuangannya.
 6. Fasilitas MCK untuk ABK selama floating.
- *Floating repair*
 1. Perawatan lambung
 - *Waterjet*.
 - *Disweebblast*.
 - Pengecatan.
 - Pembuatan gambar dan *record* bukaan kulit, *car deck* dan *upper deck*, tanki-tanki, *sea chest*, dan *rudder*.
 - Pembuatan plimsol mark baru.
 - Penggantian pelat di atas air, khususnya bukaan pada lambung kapal.
 2. *Repair Rampdoor* Haluan
 - Modifikasi *rampdoor* untuk disesuaikan permintaan.
 - *Sandblasting*.
 - Pengecatan.
 - Pemotongan dan modifikasi akibat pemindahan *rampdoor* dari *starboard* ke *portside*.
 3. *Repair Rampdoor* Buritan
 - Pembuatan *rampdoor* baru.
 - *Preparation* untuk pemasangan.
 - Pembuatan konstruksi pendukung *rampdoor*.
 - Pemasangan sistem *rampdoor*.
 - Modifikasi buritan.
 - *Sandblasting*.
 - Pengecatan.
 - Pembuatan *funnel* baru untuk gas buang mesin induk.
 4. Pengerjaan Pipa-pipa
 - Penggantian pipa di kamar mesin.
 - Penggantian pipa isap dan tekan.
 - Penggantian pipa air tawar.
 - Penggantian pipa air tawar pendingin ME.
 - Penggantian pipa oil filter.

- Pengantian pipa isap *ballast* induk.
- Penggantian pipa isap got.
- Penggantian pipa pendingin.
- Pekerjaan Lain
 1. Modifikasi serta ganti baru dari WC duduk menjadi WC jongkok.
 2. Pemasangan baru pipa air pembuangan WC.
 3. Modifikasi Kamar ABK.
 4. Penambahan pada kafetaria.
 5. Modifikasi tempat wudhu.
 6. Pembuatan dan *approval* persetujuan kelas terhadap perubahan gambar-gambar konstruksi.
 7. Pembuatan jalaur baru *sprinkler*.
 8. Pembuatan pondasi dan pemasangan *emergency generator*.
 9. Pembuatan pondasi dan pemasangan generator pelabuhan.
- *Merger Test*
 1. Seluruh instalasi *listrik* dan panel-panel *listrik* dan semua *electromotor* agar dilakukan *merger test* dan diambil recordnya.

Jenis Dockin kapal KM.Portlink II adalah *special docking*. Kapal ini *docking* khusus untuk melakukan modifikasi pada pintu *rampdoor*. Sehingga pekerjaan yang dilakukan tidak banyak.

4.2.2. *Docking Report* TB.MUSALA

Tabel 4.7 Dimensi Utama TB.MUSALA

SHIPS PARTICULAR			
Length Between Perpendicular	:	32.10	m
Lebar	:	8.85	m
Draft	:	2.85	m
Daya Mesin	:	2 x 1500	HP
Tahun Dibangun	:	1986	
Jenis Kapal	:	Tug Boat & Fire Fighting	
jenis Docking	:	Intermediate Survey	

Dokumen berita acara pelaksanaan pekerjaan pada TB.MUSALA berisi uraian pekerjaan yang sudah dilakukan pada kapal yang bersangkutan, volum pekerjaan, tahap pengerjaan, keterangan tertentu yang menjelaskan pekerjaan bersangkutan, dan material yang dibutuhkan. Jenis pekerjaan yang dilakukan dalam *repair* kapal ini meliputi:

1. Pengedokan dan Kade.

- Pelayanan *tugboat*.
- *Firefighting safety*.
- Sarana Penerangan untuk pengerjaan.
- Suplai *Listrik*.
- Servis pembuangan sampah.
- *Security service* untuk kapal selama ada di dok.
- Persediaan air tawar dan segala bentuk penyuplaian dan pembuanganya.
- Fasilitas MCK untuk ABK selama *floating*.

2. Perawatan Lambung.

- *Scraping*.
- *Sandblasting*.
- Pembersihan dengan udara bertekanan.
- Penggantian zinc anode.
- *Coating*.

3. Jangkar, Rantai Jangkar, Ceruk Rantai dan *Propeller*.

- *Scrapping, Blasting, Coating*.
- *Propeller* dibersihkan, dipoles, dan dibalansir.
- Daun propeller *direpair* las lalu digerinda.
- Pengaturan ulang indicator *propeller*.
- *Material Handling* and Transportasi

4. Pekerjaan *replating*, perbaikan bangunan kapal dan peralatan di atas deck.

- *Bending*.
- *Cutting*.
- *Welding*
- *Grinding*.
- *Material Handling* and Transportasi.

5. Akomodasi

- *Coating*.
- Bongkar pasang *furniture*.
- *Woodworking*.

- *Material Handling* and Transportasi.
6. Reparasi dan *Maintenance* Mesin Induk
- Modifikasi (*metalwork* untuk part tertentu).
 - Bongkar pasang mesin.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Maintenance/Service parts*.
 - *Coating*.
 - *Material Handling* and Transportasi.
7. *Cooler* dan Pompa-pompa
- Bongkar pasang.
 - *Maintenance/service partss*.
 - Modifikasi.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Coating*.
8. *Propeller* dan *Propulsion*
- Bongkar pasang.
 - *Material Handling* and Transportasi.
 - *Clearance check*.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Maintenance/service partss*
9. Reparasi dan *Maintenance* Motor Bantu
- Bongkar pasang.
 - *Material Handling* dan transportasi.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Maintenance/service partss*.
10. *Listrik*
- Bongkar pasang.
 - *Marking/labeling*.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Maintenance/service partss*
11. *Main Air Compressor*
- Bongkar pasang.

- Penggantian material yang rusak.
- Maintenance/service partss.

12. *Sea Charge valve* dan *valve*

- Bongkar pasang.
- *Scraping*.
- *Coating*.
- *Cutting*.
- *Welding*.
- *Material handling* dan transportasi.

13. Tanki-tanki

- *Pumping*.
- *Tank cleaning*.
- Pengantian *manhole* (jika diperlukan).
- *Gas free*.

14. *Remote Control device*

- Penyetelan.
- Penggantian material yang rusak.

15. Botol Angin

- *Scrap*.
- *Cleaning*.
- *Coating*.
- Penyetelan.

16. Pipa-pipa

- Bongkar pasang.
- *Cutting*.
- *Welding*.
- *Bending*.
- Penggantian material yang rusak.

17. Lain Lain

- Penggatian alat-alat kapal.
- Pengecekan alat-alat kapal.
- *Out off list Owner request*.

Kapal *Tugboat* ini melakukan *intermediate survey docking*, sehingga pekerjaan yang dilakukan banyak.

4.2.3. *Repair List dan Schedule* KM.CARAKA JAYA NIAGA III - 22

Tabel 4.8 Dimensi Utama KM.CARAKA JAYA NIAGA III - 22

SHIPS PARTICULAR			
Length Between Perpendicular	:	92.50 m	
Length Over All		98.00 m	
Lebar	:	16.50 m	
Draft	:	5.00 m	
DWT	:	3000 DWT	
Tahun Dibangun	:	1990	
GRT	:	3256 GRT	
NRT	:	1412 NRT	
Jenis Kapal	:	General Cargo	
jenis Docking	:	Annual Survey/Special Survey	

Dalam dokumen berita acara pelaksanaan pekerjaan pada KM.CARAKA JAYA NIAGA II-22 berisi uraian pekerjaan yang sudah dilakukan pada kapal yang bersangkutan, volum pekerjaan, *step* pengerjaan, keterangan tertentu yang menjelaskan pekerjaan bersangkutan, dan material yang dibutuhkan. Jenis pekerjaan yang dilakukan dalam *repair* kapal ini meliputi:

1. Pelayanan Umum

- Pelayanan *tugboat*.
- *Firefighting safety*.
- Sarana Penerangan untuk pengerjaan.
- Suplai Listrik.
- Servis pembuangan sampah.
- Security service untuk kapal selama ada di dok.
- Persediaan air tawar dan segala bentuk penyuplaian dan pembuanganya.
- Fasilitas MCK untuk ABK selama floating.

2. Perlambungan

- *Scraping*.
- *Sandblasting*.
- Pembersihan dengan udara bertekanan.

- Penggantian zinc anode.
 - *Coating*.
3. Jangkar, rantai, dan bak rantai
- *Scrapping, Blasting, Coating*.
 - *Propeller* dibersihkan, poles, balansir.
 - Daun dari *propeller* direpair las lalu digerinda.
 - Pengaturan ulang indicator *propeller*.
 - Material *Handling* and Transportasi
4. *Propeller* dan Kemudi
- Bongkar pasang.
 - *Material Handling* and Transportasi.
 - *Clearance check*.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Maintenance/service partss*.
5. Pekerjaan Konstruksi
- *Bending*.
 - *Cutting*.
 - *Welding*
 - *Grinding*.
 - *Material Handling* and Transportasi.
6. Pekerjaan bengkel *Outfitting*
- Pengantian material rusak.
 - Bongkar pasang.
 - *Material handling*.
 - *Cutting*.
 - *Welding*.
 - *Maintenance/service partss*.
7. *Main Engine*
- Modifikasi (*metalwork* untuk part tertentu).
 - Bongkar pasang mesin.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Maintenance/Service parts*.

- *Coating.*
 - *Material Handling* and Transportasi.
8. Motor bantu dan generator
- Modifikasi (*metalwork* untuk part tertentu).
 - Bongkar pasang mesin.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Maintenance/Service parts.*
 - *Coating.*
 - *Material Handling* and Transportasi.
9. Pipa & Valve
- Bongkar pasang.
 - Cutting.
 - Welding.
 - Bending.
 - Penggantian material yang rusak.
10. Pompa
- Bongkar pasang.
 - *Maintenance/Service partss.*
 - Modifikasi.
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Coating.*
11. Pekerjaan Bengkel *Listrik*
- Bongkar pasang.
 - *Marking/labeling.*
 - Penggantian material yang rusak.
 - *Maintenance/service partss.*
12. Tanki
- *Pumping.*
 - *Tank cleaning.*
 - Pengantian *manhole* (jika diperlukan).
 - *Gas free.*

Dikarenakan KM. Caraka Jaya Niaga ini sedang melakukan *general docking* maka banyak pekerjaan yang dilakukan.

Dari tiga *docking repair list* dan *repair list* pada galangan DKB dan DPS maka dilakukan analisa komponen apa saja yang ada di proses perbaikan kapal. Dari banyak perbaikan kapal diambil kesimpulan item untuk dijadikan tujuan dan dibuat kerangka kerjanya, yaitu:

1. Persiapan Penedokan.
2. Perawatan Lambung.
3. Jangkar, Rantai Jangkar, Ceruk Rantai.
4. Pekerjaan *replating* dan Konstruksi.
5. Perbaikan bangunan kapal dan peralatan di atas *deck*.
6. Reparasi dan *Maintenance* Mesin Induk.
7. *Cooler* dan Pompa-pompa.
8. Propulsi dan kemudi.
9. Reparasi dan *Maintenance* Motor Bantu.
10. Kelistrikan Kapal.
11. *Compressor*.
12. Tanki-tanki.
13. Pipa-pipa dan *Valve*.

4.2.4. Kesimpulan Data

Dari 13 komponen yang diperbaiki ada 34 aktivitas yang dilakukan 8 diantaranya adalah persiapan galangan. 34 aktifitas tersebut yaitu:

- | | |
|---|---|
| 1. Pelayanan <i>tugboat</i> . | 7. Persediaan air tawar dan segala bentuk penyuplaian dan pembuanganya. |
| 2. <i>Firefighting safety</i> . | |
| 3. Sarana Penerangan untuk pengerjaan. | 8. Fasilitas MCK untuk ABK selama <i>floating</i> . |
| 4. Suplai <i>Listrik</i> . | 9. <i>Scraping</i> |
| 5. Servis pembuangan sampah. | 10. <i>Sandblasting</i> . |
| 6. <i>Security service</i> untuk kapal selama ada di dok. | 11. Penggantian zinc anode. |
| | 12. <i>Coating</i> . |

13. *Propeller* di bersihkan, poles, balansir.
14. *Bending*.
15. *Cutting*.
16. *Welding*
17. *Grinding*.
18. *Material Handling* dan Transportasi
19. Bongkar pasang *furniture*
20. *Woodworking*
21. Modifikasi (*metalwork* untuk part tertentu)
22. Bongkar pasang mesin
23. Penggantian material yang rusak
24. *Clearance check*
25. *Marking/labeling*
26. *Maintenance/service partss*
27. *Pumping*
28. *Tank cleaning*
29. *Gas free*
30. *Cleaning*
31. Penyetelan
32. Pengantian alat-alat kapal
33. Pengecekan alat-alat kapal
34. *Out off list Owner request*

Dari penyajian data yang diambil dari *repair list* dan *docking repair list* berupa data komponen perbaikan, proses perbaikan, dan aktifitas perbaikan maka dibuatlah kerangka kerja dari proses perbaikan kapal. Nantinya kerangka kerja ini digunakan untuk analisa keandalan dari proses perbaikan kapal di galangan.

BAB V

ANALISA KETIDAKANDALAN PADA PERBAIKAN KAPAL

Pada bab ini dilakukan analisa dan studi permasalahan ketidakandalan pada perbaikan kapal dari hasil pengamatan dari bab sebelumnya. Analisa dilakukan dengan membuat kerangka kerja, melakukan *failure analysis*, dan menyimpulkan hasil analisa kegagalan yang berhubungan dengan perbaikan kapal di galangan. *Output* yang dituju dari studi perbaikan kapal adalah komponen/elemen pada proses perbaikan kapal yang perlu di lakukan perbaikan atau implementasi keandalan sehingga hasil kegagalan yang terjadi pada komponen kapal yang telah diperbaiki tidak terjadi atau menurun kemungkinan gagalanya.

5.1. Kerangka Kerja (*Framework*) Perbaikan Kapal

Kerangka kerja adalah kumpulan fungsi-fungsi/prosedur-prosedur untuk tujuan tertentu yang sudah siap digunakan, sehingga dapat mempermudah dan mempercepat penjelasan alur kerja suatu kegiatan besar, yang dalam kasus ini adalah perbaikan kapal. *Framework* membuat sebuah pekerjaan lebih tertata dan terorganisir, sehingga dalam pencarian kesalahan dalam sebuah pekerjaan dan hasil dari pekerjaan akan lebih mudah dideteksi dan diidentifikasi. Pada dasarnya, *framework* adalah pondasi yang menjelaskan sebuah alur kerja dari sebuah sistem atau sebuah pekerjaann.

Langkah pertama adalah menentukan pekerjaan yang diidentifikasi, kemudia tentukan proses dan terapkan proses di atas *framework*. Tanpa *framework* kita akan kesulitan untuk membuat program kerja. Ada beberapa alasan mengapa menggunakan *framework*:

- Mempercepat dan mempermudah pembangunan sebuah proses kerja.
- Memudahkan dalam proses pencarian masalah karena sudah ada pola tertentu dalam setiap *framework*.
- *Framework* menyertakan proses-proses umum yang dipakai sehingga jika ingin dilakukan pengembangan tidak perlu lagi membuat dari awal.
- *Framework* digunakan sebagai salah satu sumber *Reliability Block Diagram*.

Framework ini dipakai sebagai penyedia informasi umum tentang perbaikan kapal. Nantinya informasi ini akan digunakan lebih lanjut dalam memprediksi penyebab

ketidakandalan komponen dan material hasil perbaikan kapal. Identifikasi penyebab kegagalan komponen nantinya akan disediakan dalam bentuk daftar kegagalan.

Framework hasil pengerjaan dijabarkan pada Gambar 5.1. kerangka kerja tersebut berisi tentang kegiatan dan aktivitas perbaikan kapal digalangan secara ber-alur. Kerangka kerja tersebut diciptakan dengan melihat *step by step* proses dari perbaikan kapal. Dimulai dari tahap preparation kemudia lanjut ke tahap perbaikan kapal dan diakhiri degan tahap pemeriksaan hasil perbaikan kapal.

5.2. Reliability Analysis dan Analisa Kegagalan

Analisa kegagalan dan *Root Cause Analysis* ditunjukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan yang spesifik dari peralatan, perlengkapan, dan instalasi pabrik serta untuk menentukan tindakan pencegahan agar kerusakan tidak terulang (B4T Kemenperin). Untuk penelitian ini, analisa keandalan lebih difokuskan ke penyebab terjadinya kegagalan atau ketidakandalan dari komponen kapal hasil perbaikan kapal. Dari sana kesimpulan dapat ditarik untuk memperbaiki proses dan hasil perbaikan kapal secara keseluruhan.

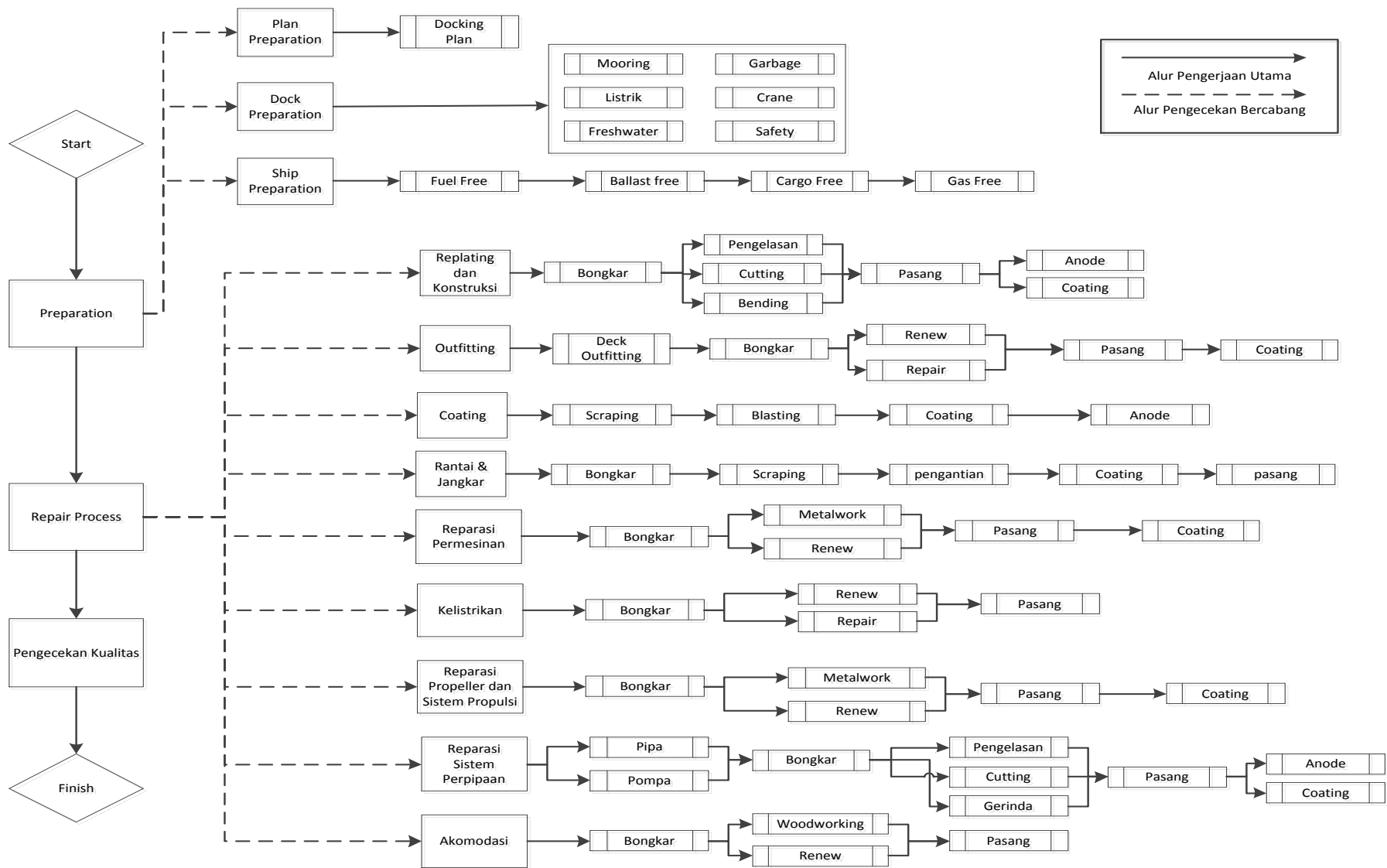
Analisa kegagalan pada tahap ini menggunakan metode RCA karena metode ini mejabarkan jenis-jenis kegagalan yang mungkin terjadi sehingga dapat dilakukan mitigasi terhadap akar masalahnya. Data RCA dalam penelitian ini adalah hasil reduksi data dari FMEA untuk disesuaikan untuk mencapai kesimpulan yang ingin dituju. Dimana reduksi dari FMEA diproses menjadi *Failure List*.

Failure List dalam penelitian ini berguna untuk menyediakan informasi tentang kegagalan yang terjadi pada hasil perbaikan kapal dan penyebabnya. Nantinya penyebabnya akan dianalisa untuk ditarik kesimpulan, elemen dari proses perbaikan kapal mana yang sering menyebabkan ketidakandalan dalam perbaikan kapal oleh galangan.

Checklist yang digunakan berisi:

- Komponen kapal

Komponen kapal yang dimaksud adalah komponen atau material hasil reparasi kapal yang kemudian digunakan kapal dalam beroperasi. Contoh; *main engine*, pompa, pipa, dan lain-lain.



Gambar 5.1 Kerangka Kerja Perbaikan Kapal

- Definisi kegagalan

Definisi kegagalan disini digunakan sebagai patokan untuk menentukan jenis-jenis kegagalan. Definisi kegagalan dianggap penting untuk menentukan standar sebuah barang dapat dikatakan gagal. Contohnya, sebuah mesin dikatakan gagal apabila tidak dapat memenuhi kecepatan yang diinginkan dalam kondisi dan penggunaan

- Jenis kegagalan

Jenis kegagalan dimasukkan ke dalam *checklist* untuk memetakan kerusakan ke dalam komponen dan material yang lebih spesifik. Contohnya, piston gagal bergungsi dan pembakaran tidak sempurna.

- Penyebab kegagalan

Penyebab kegagalan adalah hasil identifikasi dari masalah dan penyebab kenapa komponen tersebut gagal. Penyebab kegagalan ini spesifik untuk jenis kegagalan tertentu. Untuk *checklist* ini dispesifikkan penyebab kegagalan yang terjadi ketika proses perbaikan kapal.

Failure List ini dibuat dengan melihat *Failure Mode and Effect Analysis* dari penelitian-penelitian yang ada sebelumnya, melakukan wawancara kepada *owner surveyor* tentang komponen yang rentan rusak lagi walaupun sudah lolos quality control dari galangan, dan hasil studi literatur. *Failure list* dari hasil *Failure Analysis* lampirkan dibelakang tugas akhir (Lampiran A).

5.3. Analisa Hasil *Failure*

Dari beberapa FMEA yang tersedia untuk komponen kapal jenis komponen yang diambil yaitu:

1. *Main Engine*
2. *Auxillary Engine*
3. Pompa
 - a. *Fuel Oil Transfer Pump*
 - b. *Foam Pump*
 - c. *Fire Fighting Pump*

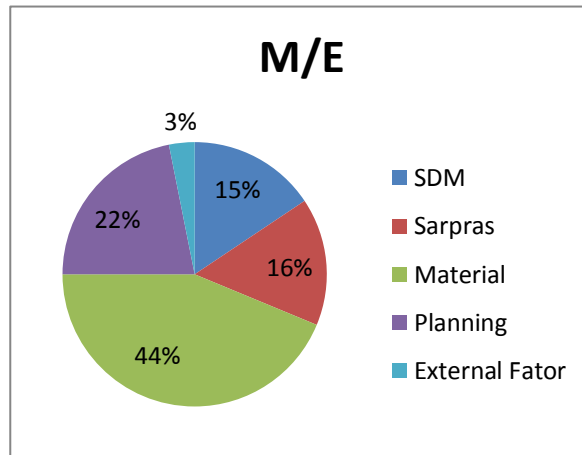
- d. *Sludge Pump*
 - e. *Sewage Pump*
 - f. *Bilge/Ballast Pump*
 - g. *Lube Oil Pump*
- 4. Pipa
 - a. *Bilge/Ballast Pipe*
 - b. *Saltwaterpipe*
 - c. *Freshwater Pipe*
 - d. *Fuel Oil Pipe*
 - e. *Lube Oil Pipe*
 - f. *Firefighting Pipe*
- 5. Kemudi
 - a. *Steering Gear*
 - b. Tongkat Kemudi
 - c. Kemudi
- 6. Deck Machinery
 - a. *External Firefigting*
 - b. *Battery*
 - c. *Air Compressor*
 - d. *Freshwater Cooler*
 - e. *Lube Oil Cooler*
- 7. *Coating*
- 8. Sistem Propulsi
 - a. *Propeller*
 - b. *Propeller Shaft*
 - c. *Lube Oil System*
- 9. Pelat
 - a. Pelat Baja
 - b. Balok Konstruksi

Dari 9 jenis komponen kapal dan total 30 komponen kapal yang diteliti kegagalanya. Ditemukan beberapa kegagalan yang terjadi karena kesalahan yang berasal dari proses perbaikan kapal. Ditemukan bahwa:

1. Main Engine

Tabel 5.1 Tabel Hasil *Failure Analysis* M/E

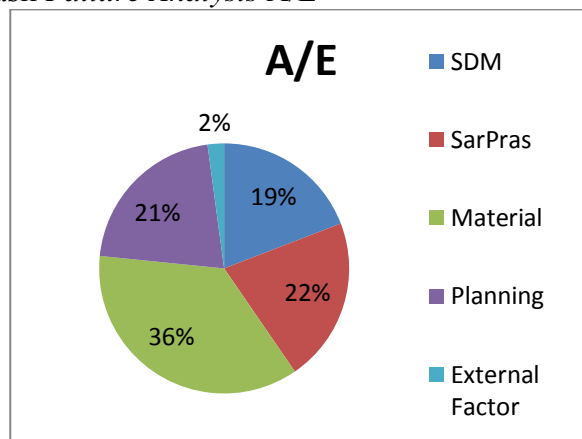
Analisa Penyebab kegagalan	
Main Engine	
Total	29
SDM	5
Sarana Prasarana	5
Material	14
Planning	7
External Factor	1



2. Auxillary Engine

Tabel 5.2 Tabel Hasil *Failure Analysis* A/E

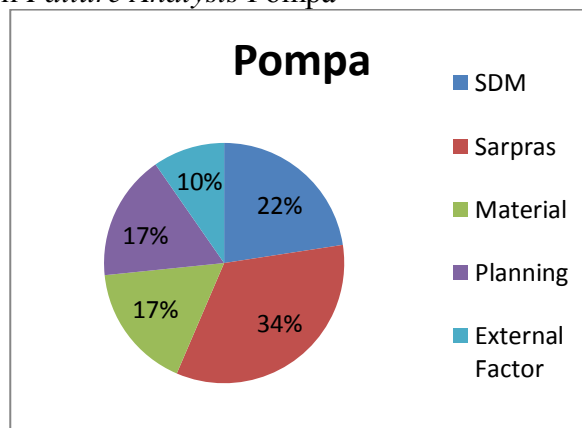
Analisa Penyebab kegagalan	
Auxillary Engine	
Total	41
SDM	9
Sarana Prasarana	10
Material	17
Planning	10
External Factor	1



3. Pompa

Tabel 5.3 Tabel Hasil *Failure Analysis* Pompa

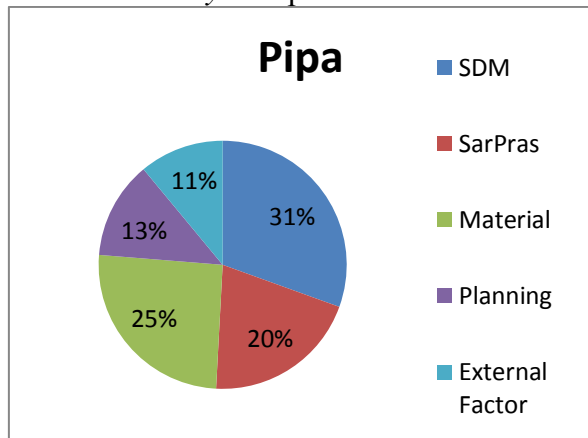
Analisa Penyebab kegagalan	
Pompa	
Total	105
SDM	28
Sarana Prasarana	42
Material	21
Planning	21
External Factor	12



4. Pipa

Tabel 5.4 Tabel Hasil *Failure Analysis* Pipa

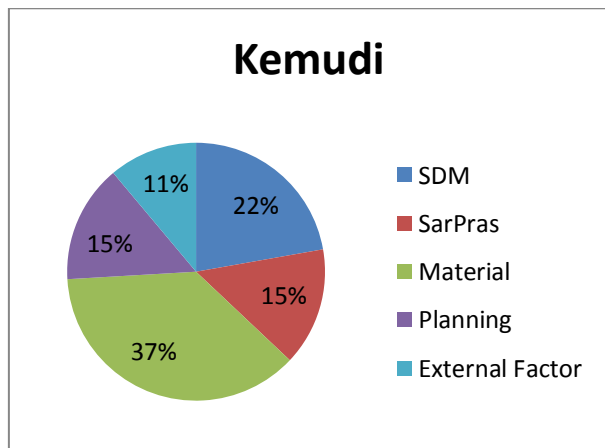
Analisa Penyebab kegagalan	
Pipa	
Total	85
SDM	36
Sarana Prasarana	24
Material	30
Planning	15
External Factor	13



5. Kemudi

Tabel 5.5 Tabel Hasil *Failure Analysis* Kemudi

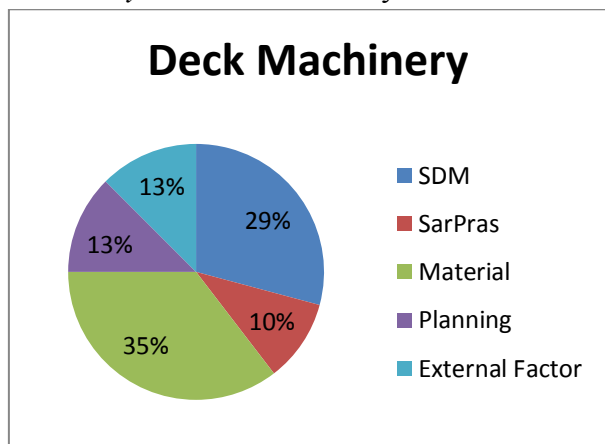
Analisa Penyebab kegagalan	
Kemudi	
Total	22
SDM	6
Sarana Prasarana	4
Material	10
Planning	4
External Factor	3



6. Deck Machinery

Tabel 5.6 Tabel Hasil *Failure Analysis* Deck Machinery

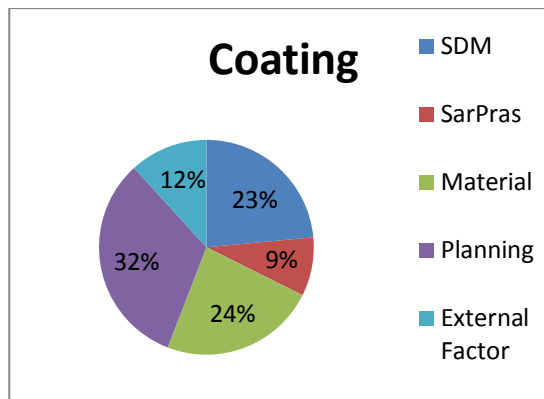
Analisa Penyebab kegagalan	
Deck Machinery	
Total	42
SDM	14
Sarana Prasarana	5
Material	17
Planning	6
External Factor	6



7. Coating

Tabel 5.7 Tabel Hasil *Failure Analysis Coating*

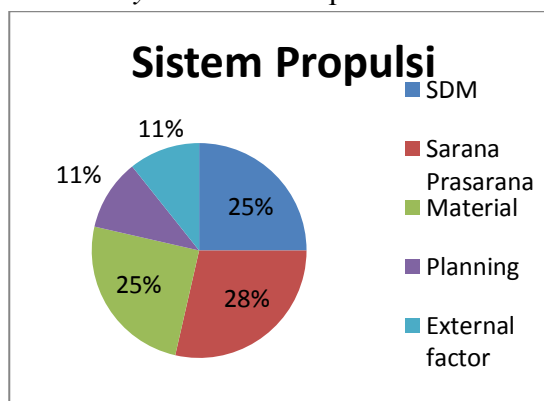
Analisa Penyebab kegagalan	
Coating	
Total	19
SDM	8
Sarana Prasarana	3
Material	8
Planning	11
External Factor	4



8. Sistem Propulsi

Tabel 5.8 Tabel Hasil *Failure Analysis Sistem Propulsi*

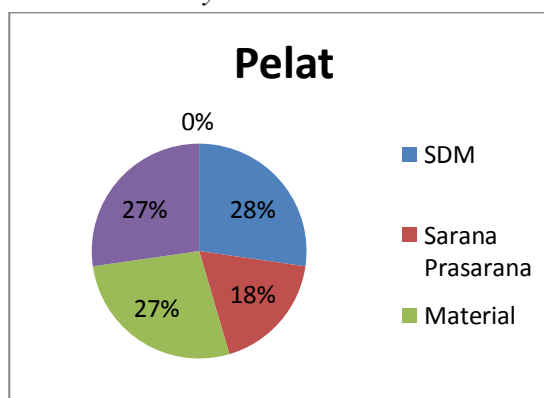
Analisa Penyebab kegagalan	
Sistem Propulsi	
Total	26
SDM	7
Sarana Prasarana	8
Material	7
Planning	3
External Factor	3



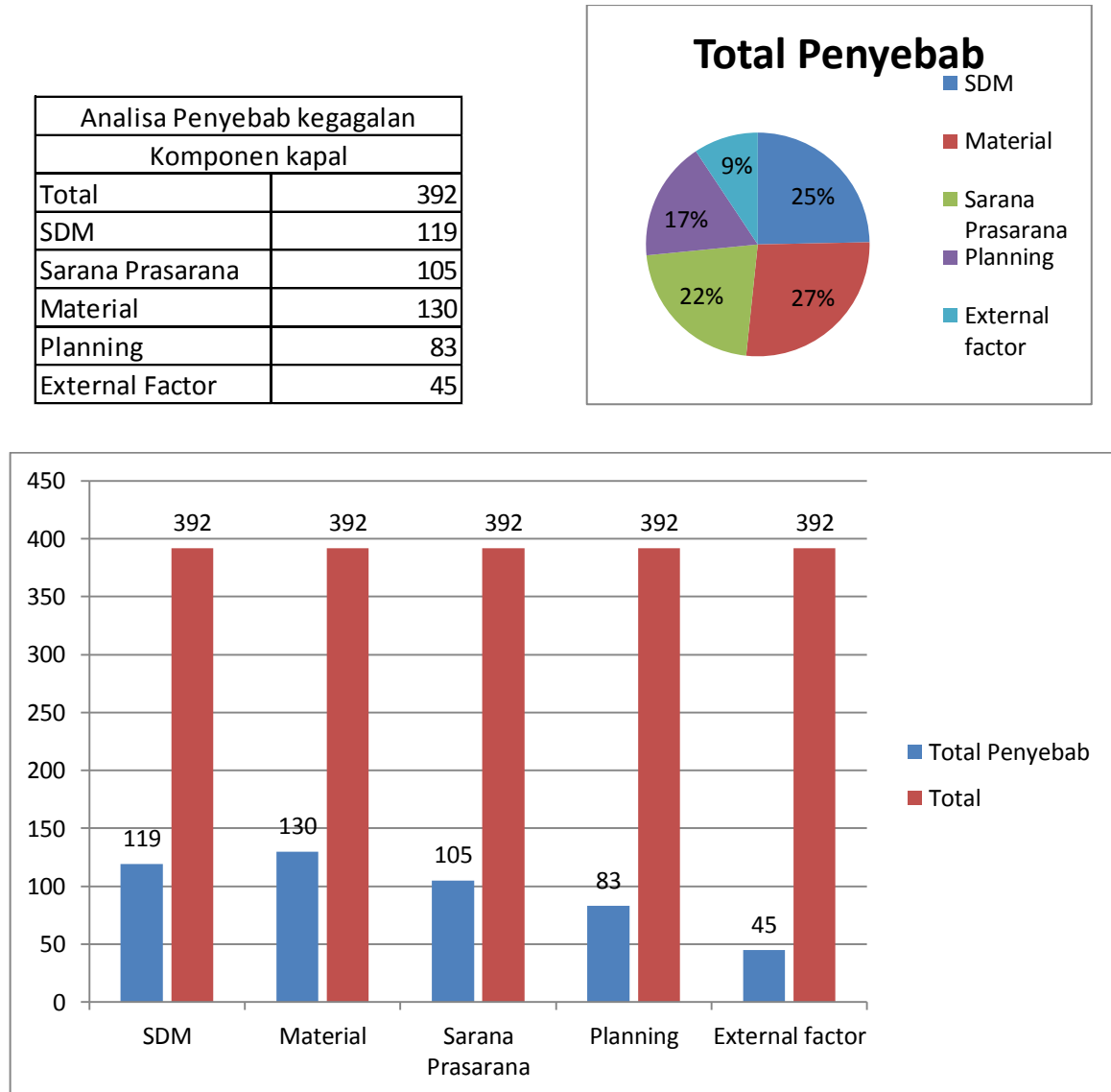
9. Pelat

Tabel 5.9 Tabel Hasil *Failure Analysis Pelat*

Analisa Penyebab kegagalan	
Pelat	
Total	22
SDM	6
Sarana Prasarana	4
Material	6
Planning	6
External Factor	0



Tabel 5.10 Hasil Analisa *Failure List*



Gambar 5.2 Perbandingan Antara Kasus dan Total Kasus

Dalam pembuatan *failure list* ini. Tidak semua penyebab kegagalan dimasukkan ke dalam analisa kegagalan. Dibawah ini adalah beberapa kriteria pengambilan keputusan pengerjaan *failure list*:

1. Penyebab keandalan yang dimasukkan ke dalam *failure list* sebisa mungkin dicari yang berhubungan dengan proses perbaikan kapal.
2. Penyebab keandalan yang tidak berhubungan langsung dengan proses perbaikan kapal direduksi.

3. RPN pada FMEA tidak digunakan. Karena Penelitian ini tidak melihat skala prioritas perbaikan. Namun fokus terhadap perbaikan keandalan pada perbaikan kapal.

Dari hasil analisa kegagalan di atas, ada empat elemen utama yang menyebabkan ketidak andalnya sebuah hasil perbaikan kapal yaitu:

- Manusia (SDM)

SDM mempengaruhi hasil *repair* karena SDM lah yang mengeksekusi pengerjaan *repair*. Apabila SDM yang melakukan pekerjaan *repair* tidak memiliki kapasitas untuk melakukan sebuah pekerjaan. Maka walau hasilnya awalnya bagus, tapi untuk ke depannya tidak dapat diketahui kualitasnya.

Ada juga beberapa kasus penyebab kegagalan dimana ketidakandalan disebabkan oleh alterasi pada proses yang didasari alasan pribadi. Untuk hal ini sulit untuk diperkirakan kualitas akhirnya, namun bisa dicegah dengan *controlling* yang baik dari galangan untuk setiap *step*.

- Sarana dan Prasarana Galangan

Sarana dan prasana di galangan berpengaruh besar terhadap hasil perbaikan kapal. Ada beberapa penyebab kegagalan komponen kapal yang berasal dari ketidak cocokan mesin atau alat yang dipakai untuk memperbaiki kapal. Mesin yang tidak di *maintenance* dengan baik juga berpengaruh besar terhadap keandalan dari barang yang dihasilkannya.

Dalam teori RCM, peran fungsi alat produksi sebagai penentu hasil perbaikan kapal sangat besar pengaruhnya sehingga tidak dapat dihiraukan dalam mengimplementasi keadalan dalam perbaikan kapal.

- Material pengganti

Dari empat penyebab terbesar, yang paling berpengaruh adalah karena materialnya. Pemakaian material yang tidak sesuai menyebabkan kegagalan komponen sebelum waktunya. Material yang dimaksud adalah material pengganti komponen yang rusak. Penggunaan material yang tidak cocok juga mempengaruhi nilai keandalan dari hasil perbaikan kapal.

- *Planning* Perbaikan Kapal

Planning yang dimaksud disini berhubungan dengan persiapan galangan dalam melakukan *repair* dan desain yang dibuat galangan untuk perbaikan kapal. Persiapan galangan berpengaruh terhadap elemen material, SDM, dan sarana dan prasarana. Oleh karena itu persiapan berpengaruh terhadap keandalan dari komponen kapal. Desain komponen kapal yang akan perbaiki juga berpengaruh besar terhadap perbaikan kapal. Desain yang baik memperkecil kemungkinan kegagalan dari komponen kapal.

Diantara keempat elemen tersebut ada dua elemen lain yang menyebabkan ketidakandalan pada komponen hasil reparasi kapal yaitu faktor eksternal dan faktor sistem galangan. Faktor eksternal disini adalah faktor yang tidak dapat di diatur misal hujan atau banjir. Faktor sistem galangan disini adalah kemampuan sebuah sistem tersebut untuk menopang proses perbaikan kapal sehingga dapat menghasilkan komponen kapal yang andal. Jadi perlu melakukan analisa apakah sistem di galangan tersebut sudah mendukung untuk menghasilkan perbaikan kapal yang andal. Selanjutnya akan dibahas masalah mitigasi penurunan keandalan dan cara mengimplementasikan keandalan sebagai basis perbaikan kapal.

5.4. Pemeriksaan Penerapan Keandalan pada Sistem Perbaikan Kapal di Galangan

Salah satu cara untuk melihat sudah sejauh mana penerapan keandalan dalam perbaikan kapal adalah dengan memakai tabel Journey to *Reliability* (Sondalini, 2007) yang sudah dipakai pada Bab IV . Tabel tersebut diciptakan untuk melihat sejauh mana sebuah keandalan diterapkan dalam sebuah perusahaan atau sistem. Salah satu kelebihan dari tabel ini adalah ia menjelaskan penerapan sebagai narasi kualitatif sehingga mudah digunakan untuk sebuah studi implementasi dimana data dan contoh kasus susah untuk didapat.

Tabel 5.11 Tabel Journey to *reliability* and *Maintenance* Mastery (Mike Sondalini 2007)

The Journey to Reliability and Maintenance Mastery										
	Leadership and Capability					Systems and Processes				
	Maintenance Vision & Strategy	Performance Measures	Organization Structure	Human Resources	Knowledge Base	Maintenance Strategy	Stores and Materials Management	Planning & Scheduling	Contractor Management	Reliability Improvement
Mastery	Quality System managed Accuracy Controlled Enterprise where everyone in every department works to 3T error prevention procedures; Lean philosophies improve processes	Business strategy focus; Maximising Life Cycle Profit; Defect And Failure True (DAFT) Cost database	Integrated cross-functional teams incorporating financial, engineering, operations and maintenance	Empowered, flexible, cross-functional teams of experts working to scientific discipline	Continually learning, pushing-out the boundaries of human knowledge and understanding; Six Sigma discipline is normal	Precision Domain drives all engineering, installation, operations and maintenance work; Risk analysis and management normal	Materials problems designed-out, OEM monitors real-time information on critical parts' condition and carries necessary spares	Maintenance reducing as continual improvements extend time between outages; continually reducing time to repair with Lean philosophies	Small teams of experts servicing entire local industry delivering precision maintenance and design-out maintenance with profit sharing	Reliability growth pervades thinking. 'Design and Operations Cost Total Optimized Risk' (DOCTOR) is used to minimise all operating risks throughout the facility's life.
Excellence	Personnel action plans; appraisals are clearly tied to the maintenance strategy	On-going benchmarking of metrics and processes; Full cost database	Total Productive Maintenance where operators drive reliability, fault-find and maintain equipment; root cause failure analysis by operators and maintainers	Empowered, flexible, world-class workers; self-managed teams	Expert systems used; fully integrated CMMS common database	Preventive & Predictive plans continuously optimized; the 'right' maintenance tactic is applied based on analysis	Stores system integrated to CMMS and accounting system; bar coding or radio frequency tags of all stores items; World-class Stores Management	>90% all maintenance is planned and >95% first-times schedule compliance; rolling schedule fixed for the week ahead	Small numbers of contractors on long term sharing partnership agreements with high innovativeness	Risk and unplanned failure reduced to best in industry by reliability analysis and modeling. Reliability Growth Cause Analysis (RGCA) applied during project design
Competence	Reliability focused Maintenance Improvement action plan is linked to the maintenance Management Strategy	Statistical process control applied to maintenance process measures; Equipment specific maintenance costs available	Established teams for achieving key objectives in the Maintenance Management Strategy	Multi-skilled trades with process capability analysis and basic operating skills	Easy access to knowledge bases available to all employees at all times	Preventive & Predictive plans exist for all maintainable items; emphasis on PdM. All tactics understood	Single source supplier partnerships established and effective; Area stores with visual controls; Reliability of spares maintained; Suppliers provide technical expertise	Long term asset planning established; Critical path analysis used for all rebuilds and shutdowns	Contractors are established based on principle of 'risk sharing'; Contractors provide technical expertise	Effective Root Cause Analysis (RCA) applied to equipment problems to extend life
Understanding	A clear Maintenance vision and strategy is documented and communicated to all employees	Input – Output process measures reviewed and displayed; Downtime by cause; Segregated maintenance costs reviewed	Decentralized with central support; Clearly written, mandates/roles for each maintenance function and group	Trades have problem identification and solving; team dynamics and training skills	Document control system established; CMMS installed and used to manage knowledge bases	Preventive & Predictive plans exist for key equipment; Compliance to scheduled plan is more than 95%	Spares classified with separate strategies; Spares linked to BOMs/Equipment Drawings; Standardization policies exist; ABC spares management with 'A' spares protected	All but unexpected failures planned; All planned jobs specify safety, labour, materials, tools, technical details	All contractors repairing rotables are capable of Original Equipment Manufacturer's testing	Basic equipment conditions established; Good failure databases; All major failures investigated; PMs modified based on site experience
Awareness	No clearly documented role of maintenance; No Maintenance vision or strategy	Some downtime records; Maintenance costs regularly available, but not segregated into arealine	Centralized maintenance group with alignment to production; Team approach to technical problems	Trades have OH&S and maintenance support (Inspection, reporting) skills	Plant register established and useful data collected; central technical library; All drawings and equipment information identified	System to identify all maintainable items exists; Emphasis on time-based overhauls and inspections	Stores catalogue established; Inventory accuracy >95%; Goods receiving practices in-place	Work Request/Work Order system established; Major rebuilds, shutdowns fully planned and programmed	Contractors used for peak loads and non-core maintenance work	Collect the failure data; Equipment histories occasionally reviewed for failure analysis
Innocence	The main role is to fix it when it breaks/fails	Incomplete or no maintenance downtime records; Maintenance costs not readily available	Centralized maintenance group with no alignment to production; Command and Control' approach	Trades have their basic trade skills, however little or no technical knowledge or support and training given	Ad-hoc records kept for purchasing; No plant register or control of drawings	"If it ain't broke don't fix it"; Annual shutdown and inspections only	Ad-hoc stores; No costing or control of spares	No planning function; planning done on-the-run; Short term focus	All maintenance carried out by in-house team, which may include individual contractors	No failure records

Berdasarkan Tabel 5.11 tersebut tingkatan penerapan keandalan dalam *leadership*, *capability*, *system*, dan proses dibagi berdasarkan beberapa tingkat. Tingkatan tersebut adalah:

- *Innocence*
Tahap ini tidak ada pengimplementasian keandalan dalam suatu sistem.
- *Awareness*
Pada tahap ini keandalan sudah mulai disadari, namun sistem tersebut belum melakukan apapun untuk mencapai itu.
- *Understanding*
Pada tahap ini sistem tersebut sudah mulai menjadikan keandalan sebagai salah satu *decisive factor* dari sistem tersebut.
- *Competence*
Tahap ini terjadi ketika implementasi keandalan dalam sistem sudah dilakukan selama beberapa tahun dan telah dilakukan *improvement* berdasarkan *History record*.
- *Excellence*
Tahap ini adalah tahap dimana sistem sudah mulai melakukan *forecast reliability* terhadap masa depan dan memamkai sistem kerja yang *fully-aware of reliability*.
- *Mastery*
Tahap ini terjadi ketika sistem telah menerapkan keandalan pada level tertinggi di semua komponen penyusun sistem tersebut.

Berdasarkan penjabaran di atas dapat diambil kesimpulan bahwa tingkatan yang harus dicapai untuk mulai menerapkan keandalan dalam perbaikan kapal adalah tahap *Understanding*. Tahap *Innocence* dan Tahap *Awareness* tidak termasuk sudah menerapkan keandalan karena pada tahap tersbut hanya mengandalkan kondisi sistem pada "*today*". Sedangkan poin penting dalam studi implementasi keandalan adalah dengan menerapkan pentingnya kualitas dari waktu ke waktu dan terus menerus berkembang untuk mencapai kualitas yang lama. Untuk tahap di atas *understanding* lambat laun akan dicapai jika sistem tersebut terus menerapkan dan mengincar kualitas *overtime*.

Sistem adalah sekumpulan objek, dan mencakup hubungan (*relationship*) antara objek tersebut, serta hubungan tentang sifat (*properties*) yang mereka miliki. Jadi pekertian keandalan sistem dapat didefenisikan sebagai kemungkinan sebuah sistem termasuk semua

komponen yang di dalamnya bekerja sesuai rencana selama jangka waktu dan kondisi yang ditentukan. (A.Hall dan R.Fagen, 2004)

Sistem didefinisikan sebagai suatu entitas yang mempunyai tujuan. Galangan seharusnya mempunyai sebuah sistem, dimana sistem tersebut berisi elemen-elemen yang bekerja sama untuk suatu tujuan. Dalam tugas akhir ini ada baiknya sistem perbaikan kapal didefinisikan sehingga kita dapat mengetahui bagaimana cara memeriksa keandalan dari proses perbaikan kapal sebagai suatu sistem.

Sistem perbaikan kapal didefinisikan sebagai semua elemen yang berhubungan dengan proses perbaikan kapal dan bekerja bersama untuk mencapai suatu tujuan yaitu perbaikan kapal. Dalam studi ini tujuan yang ingin dicapai adalah hasil yang andal. Oleh karena itu sudah tepat jika di awal penelitian, mencari penyebab ketidakandalan pada proses perbaikan kapal. Sehingga pada tahap ini kita membuat *framework* atau model yang menjabarkan elemen apa pada perbaikan kapal yang menyebabkan ketidakandalan.

Elemen yang terdapat dalam sebuah sistem yaitu :

- Tujuan
- *Input*
- *Output*
- Proses
- Batasan
- Mekanisme Pengendalian
- Lingkungan

Berdasarkan elemen diatas maka dapat dibuat sebuah model untuk melihat faktor ketidak andalan dalam sistem perbaikan kapal di galangan.

5.5. Reliability Block Digram

Reliability Block Digram atau RBD diciptakan berdasarkan hubungan sukses dari setiap elemen pada proses perbaikan kapal. RBD digunakan untuk menjelaskan hubungan seri dan paralel dalam tercapainya sistem perbaikan kapal. Dalam RBD yang dikembangkan dalam tugas akhir ini menggunakan hubungan dari setiap elemen pada perbaikan kapal dan pengaruhnya terhadap keandalan dari proses perbaikan kapal. RBD yang dikembangkan pada

tugas akhir ini berfokus untuk memprediksi nilai keandalan pada hasil perbaikan kapal. RBD di jelaskan oleh Gambar 5.6.

Bagan tersebut menjelaskan alur RDB awalnya adalah pengecekan laporan kerusakan yang dikeluarkan oleh *owner* kapal. Pengecekan dilakukan untuk melihat apakah kerusakan yang terjadi akibat pemakaian kapal atau karena kesalahan pada perbaikan kapal. Tahap selanjutnya adalah identifikasi elemen digalangan untuk melihat sumber kerusakan pada komponen kapal. Alurnya berupa pengecekan SDM, Material, Sarana dan Prasarana, SOP, Kondisi Lapangan, dan Dokumen dan Desain. Jika memang kesalahan tidak ditemukan pada semua elemen tersebut maka harus dilakukan sebuah *special investigation*.

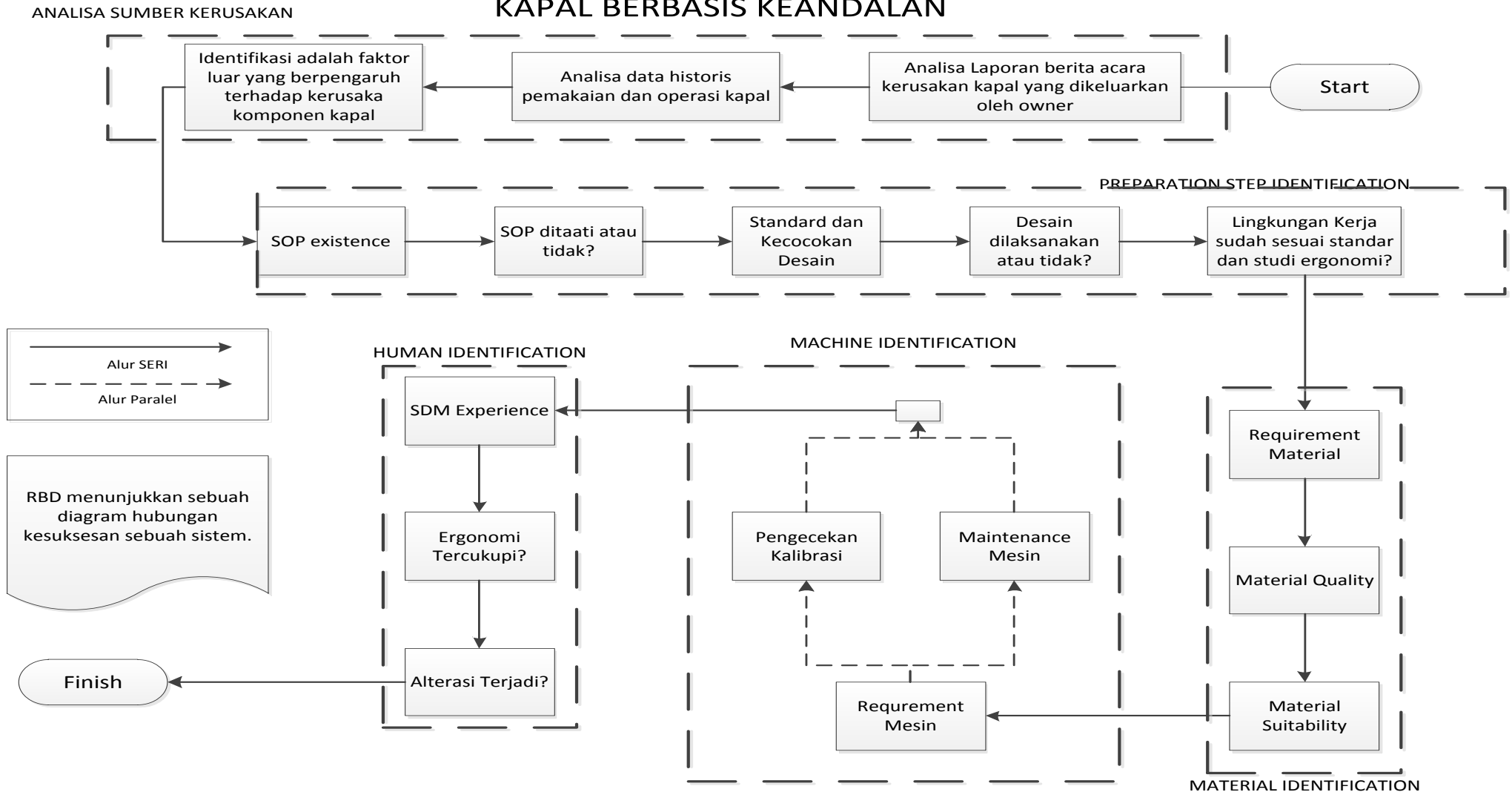
Bagan tersebut menjelaskan bahwa untuk hubungan setiap elemen pada perbaikan kapal bersifat seri. Namun untuk kelompok sarana dan prasarana, kalibrasi dan *maintenance* dari mesin dapat dijadikan paralel. RBD ini tersusun dari empat kelompok yang bersifat seri. Susunan seri berarti untuk mencapai hasil perbaikan kapal yang andal tidak boleh ada satu blok mengalami kegagalan dalam kerjanya. RBD dijadikan landasan untuk pembuatan model pengecekan ketidakandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal. Landasannya berupa hubungan, alur, dan tahap identifikasi masalah keandalan pada perbaikan kapal.

5.6. Model Kerangka Kerja Identifikasi Permasalahan Keandalan

Model adalah pola dari sesuatu yang akan dihasilkan (Departemen pendidikan dan Kesenian, 1984). Model adalah abstraksi dari sistem sebenarnya, dalam gambaran yang lebih sederhana serta mempunyai tingkat presentasi yang bersifat menyeluruh, atau model adalah abstraksi dari realitas dengan hanya memusatkan pada beberapa sifat dari kehidupan sebenarnya (Simamarta, 1983). Tujuan dari dibuatnya model pada penelitian ini adalah untuk mempermudah pengecekan keandalan pada perbaikan kapal.

Permasalahan dari ketidak andalan dari perbaikan kapal adalah galangan belum sadar tentang pentingnya penerapan keandalan dalam sebuah sistem. Oleh karena itu pada penelitian ini setelah dilakukan penelitian tentang implementasi perbaikan kapal berbasis keandalan. Ketidakandalan dalam galangan kapal dapat dicari dengan menggunakan model penyelesaian masalah hasil studi perbaikan kapal berbasis keandalan. Model *framework* yang diajukan dalam penelitian ini seperti Gambar 5.4.

RELIABILITY BLOCK DIAGRAM PERBAIKAN KAPAL BERBASIS KEANDALAN

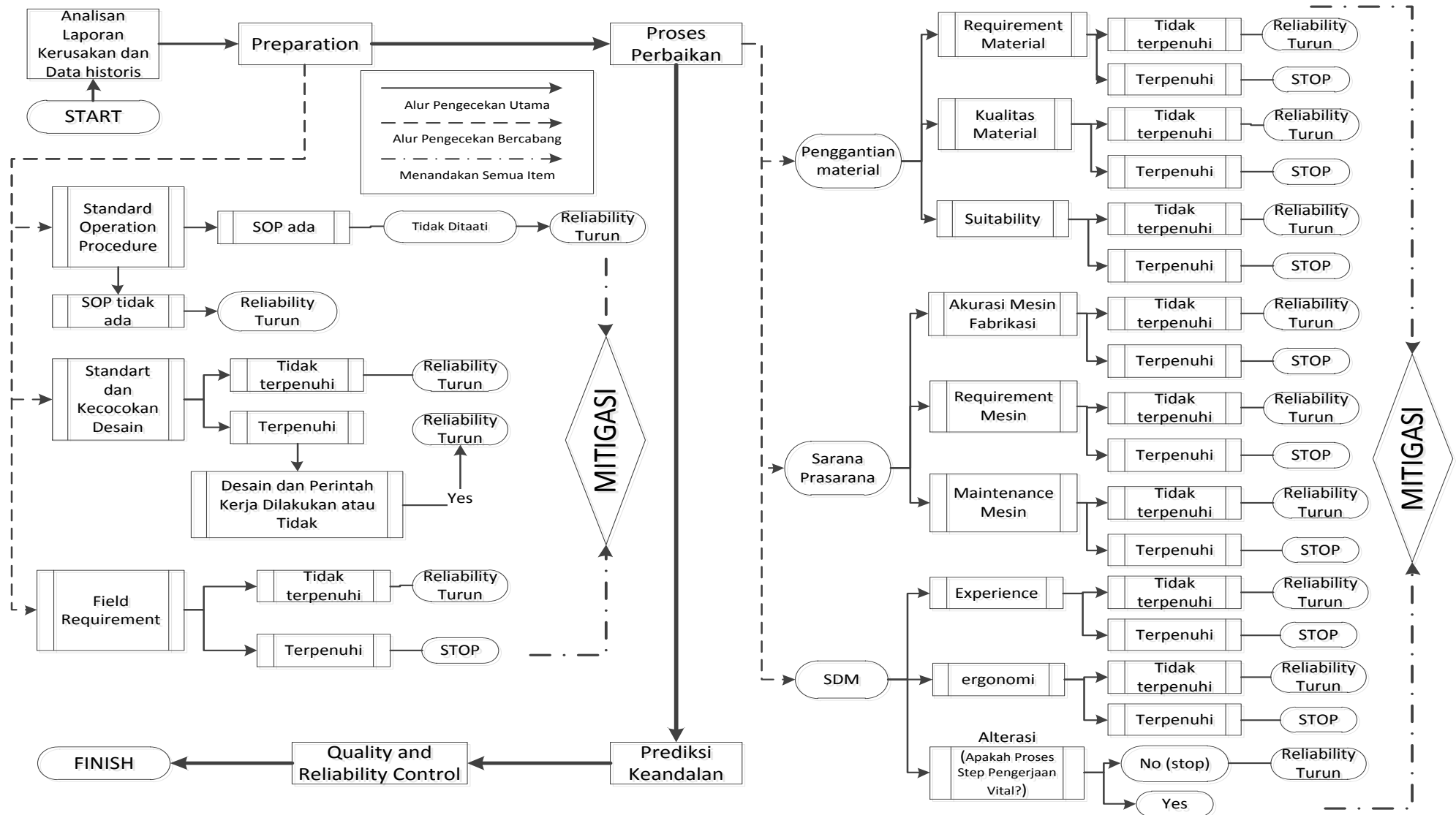


Gambar 5.3 RBD dari Perbaikan Kapal

Dalam model yang dijelaskan di gambar ada beberapa tahapan pemeriksaan ketidakandalan pada perbaikan kapal. Alur utama dari model ini adalah proses perbaikan kapal yang sudah di paparkan pada Bab V. *Framework* dari gambar 5.3 di reduksi lagi menjadi tahap pengecekan historis pemakaian, *prepration*, proses perbaikan, prediksi keandalan, dan *quality and reliability control*. Inti yang ingin dicapai oleh model ini adalah menyelesaikan masalah ketidak andalan pada perbaikan kapal dan kemudia melakukan mtigasi dan implementasi keandalan pada perbaikan kapal.

Pemakaian identifikasi masalah pada Gambar 5.4 dilakukan sesuai arah panah dari start sampai finish. Alur pengecekan dilakukan sebagai berikut:

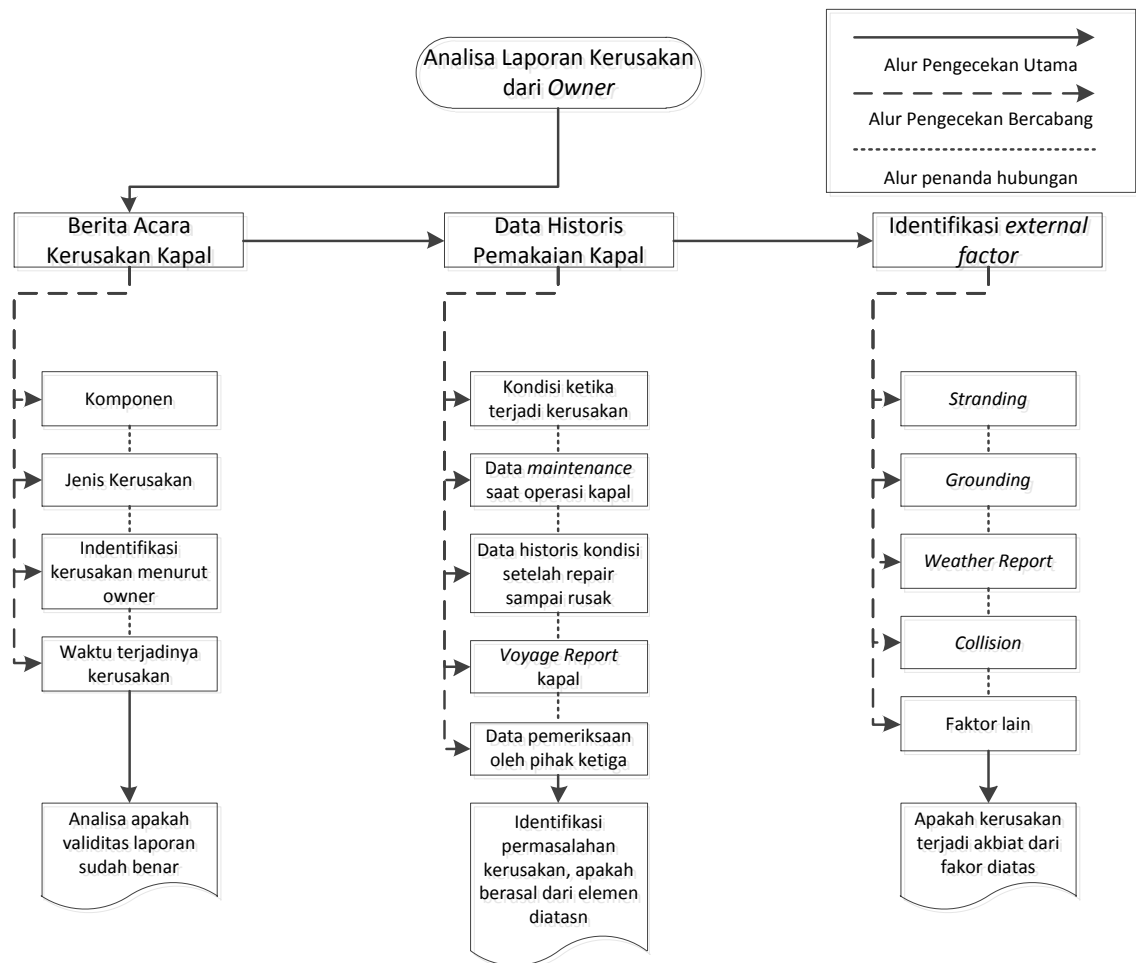
- 1) Pemeriksaan awal yang dilakukan berupa pengecekan laporan kerusakan yang dikeluarkan oleh owner kapal beserta data historis pemakaian komponen ketika selesai pebaikan kapal terakhir.
- 2) Identifikasi awal berupa pengecekan persiapan galangan, apakah galangan mempunyai SOP, desain sudah berdasarkan keandalan, dan lingkungan kerja sudah mendukung untuk mengerjakan perbaikan kapal.
- 3) Langkah kedua adalah mengecek elemen material, sdm, dan sarana dan prasarana dalam mengerjakan perbaikan kapal. Ketiga elemen tersebut harus dipenuhi untuk memperkecil kemungkinan ketidakandalan dari hasil perbaikan kapal.
- 4) Kemudian melakukan prediksi keandalan menggunakan perhitungan yang sudah diterangkan sebelumnya.
- 5) Terakhir adalah pengecekan *quality control* yang dilakukan sudah memepertimbangkan nilai keandalan dari prediksi nilai kendalan yang sudah dihitung sebelumnya.



Gambar 5.4 Model Identifikasi Ketidakandalan pada Perbaikan Kapal

5.7. Pengecekan Latar Belakang Kerusakan pada Perbaikan Kapal

Pada awal indentifikasi permasalahan keandalan pada perbaikan kapal, ada tahap penting sebelum melakukan identifikasi pada galangan kapal. Tahap tersebut adalah tahap analisa laporan kerusakan kapal yang dikeluarkan oleh owner kapal. tahapan ini dilakukan untuk melakukan validasi apakah kerusakan yang terjadi karena kesalahan galangan dalam perbaikan kapal atau karena kesalahan dalam operasi kapal.



Gambar 5.5 Model Indentifikasi Berita Acara Kerusakan Kapal

Gambar 5.5 diatas menjelaskan tahapan dengan penjelasan seperti berikut:

1. Pemeriksaan awal berupa identifikasi kelengkapan data berita acara kerusakan kapal yang berisi tentang komponen, jenis kerusakan, alasan kerusakan menurut owner, dan waktu terjadinya kerusakan. Tahapan ini bertujuan untuk melihat apakah data yang dikeluarkan oleh owner tentang kerusakan kapal sudah menunjukkan bahwa

kerusakan terjadi karena kesalahan galangan. Hal ini dilakukan berhubungan dengan klaim garansi yang ditujukan terhadap galangan kapal.

2. Tahap kedua berupa analisa data historis pemakaian kapal saat operasi kapal berlangsung. Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi apakah kerusakan yang terjadi dikarenakan proses perbaikan kapal yang tidak andal atau tidak karena operasi kapal yang salah.
3. Tahap ketiga dilakukan jika operasi kapal sudah sesuai aturan namun masih terjadi kerusakan pada komponen kapal. Tahap ketiga berupa identifikasi faktor luar yang dapat menyebabkan kerusakan pada kapal. Faktor eksternal yang dinilai berdasarkan historis perjalanan kapal secara nyata melalui wawancara dengan kapten kapal.

Ketika tahapan analisa diatas sudah dilakukan dan ditemukan hasil yang menunjukkan bahwa operasi kapal sudah sesuai petunjuk dan tidak ada faktor eksternal yang menyebabkan kerusakan, maka dilakukanlah identifikasi terhadap proses perbaikan kapal.

5.8. Identifikasi Penyebab Ketidakandalan pada Perbaikan Kapal dan Rekomendasi *Mitigasi & Corrective Action*.

Pada bab sub-bab sebelumnya telah diketahui bahwa ada beberapa elemen pada perbaikan kapal yang dapat menyebabkan turunya nilai keandalan dari hasil dan proses perbaikan kapal, yaitu SDM, material, sarana prasarana, dan perencanaan. Pada sub-bab ini akan dicari cara menyelesaikan permasalahan yang membuat elemen-elemen tersebut berpengaruh terhadap ketidakandalan pada hasil perbaikan kapal.

5.8.1. SDM

Manusia adalah elemen yang melaksanakan pekerjaan pada perbaikan kapal. Berdasarkan *Failure List* yang dibuat sebelumnya, kesalahan SDM yang membuat proses dan hasil perbaikan kapal tidak andal adalah:

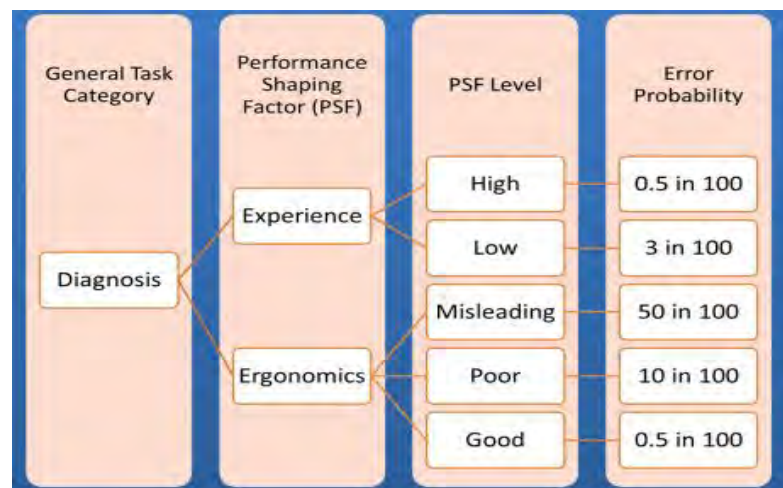
- 1) *Experience* pekerja yang tidak mengikuti standar pengerjaan.
- 2) Kondisi Lapangan yang menurunkan ergonomik faktor dari SDM.
- 3) Alterasi yang dilakukan pekerja untuk mempercepat pekerjaan.

Berdasarkan definisi Untuk definisi keandalan manusia penulis mengambil definisi dari *MSC/Circ.1023-MEPC/Circ.392 on Guidelines for FSA for Use in the IMO Rule-making*

Process. Menurut *guideline* tersebut keandalan manusia adalah sebuah kemungkinan seseorang (a) melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan sistem dalam waktu yang ditentukan dengan benar dan (b) tidak melakukan aktifitas tambahan yang dapat memperlambat sistem.

Ergonomi adalah cabang ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dan elemen lain dalam sebuah sistem. Dalam konteks perbaikan kapal berarti hubungan antara manusia, lingkungan kerja, dan mesin. Ergonomi diperlukan karena sangat berhubungan dengan hasil kerja dan tingkat kesalahan pekerja. Oleh karena itu *reliability* berhubungan secara langsung dengan ergonomi dari galangan.

Pertama kita jabarkan dulu *error probability/ failure probability* dari SDM galangan saat ini berdasarkan perhitungan dari SPAR-H *Human Reliability Analysis method*.

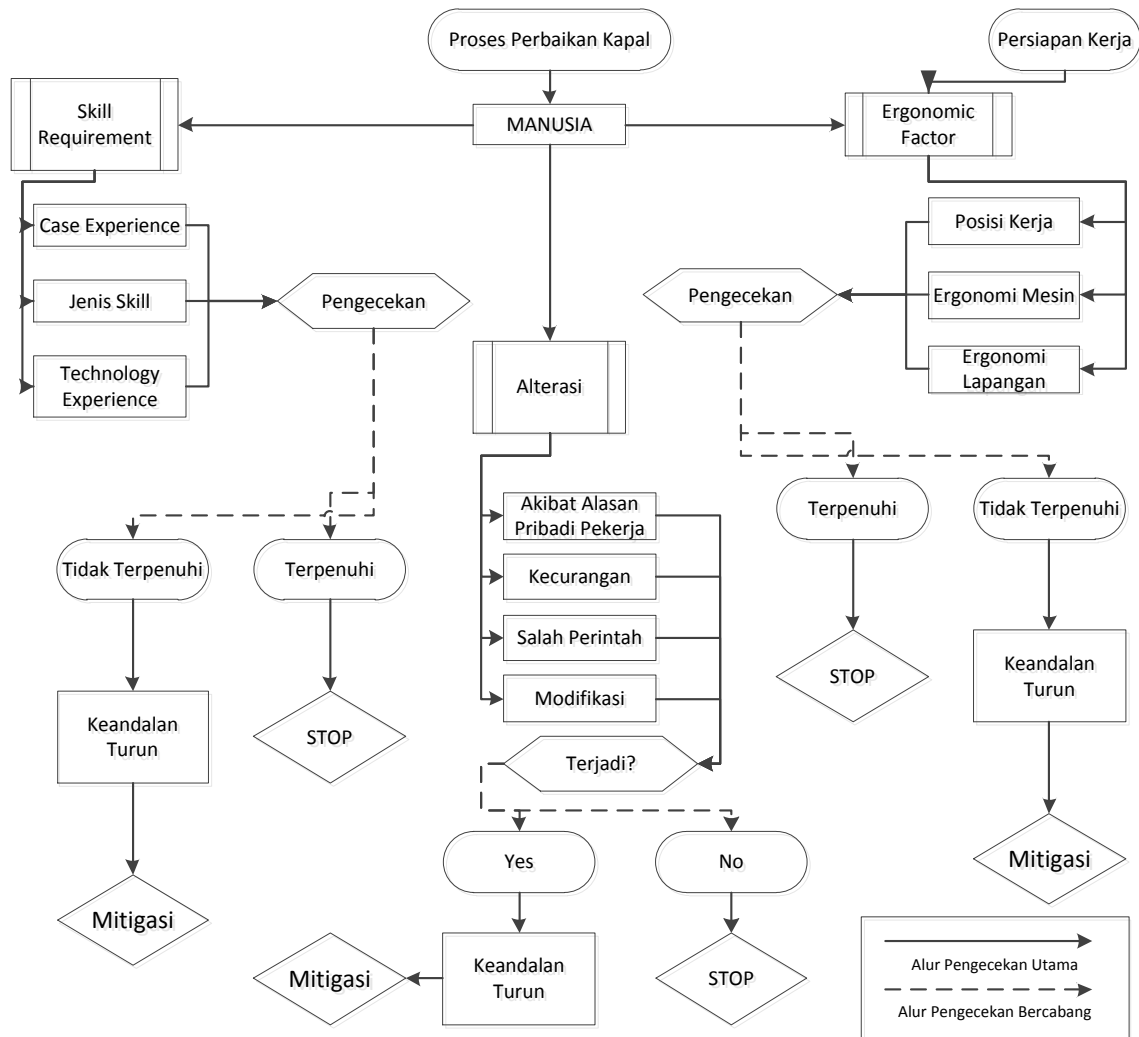


Gambar 5.6 SPAR-H *Human reliability Analysis* (Idaho National Library, 2005)

Pada Gambar 5.6, yang dimaksud dengan *experience* adalah pengalaman dari pekerjaanya. Sedangkan *ergonomics* adalah hubungan antara orang dengan lingkungan kerjanya. Jika berlandaskan pada perhitungan di atas maka perhitungannya adalah:

Failure probability elemem SDM (kapal sekarang) = 13%. Sedangkan dengan memperbaiki 2 masalah di atas dapat memperkecil *failure probability* dari hasil perbaikan kapal menjadi 1%.

Diagram alir gambar 5.4 dibawah ini merupakan hasil dari pembahasan identifikasi masalah pada SDM.



Gambar 5.7 Flowchart Identifikasi dan dan Mitigasi SDM

Gambar 5.7 menjelaskan identifikasi pada faktor SDM di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan, dengan parameter pemeriksaan:

1. *Skill Requirement* dari SDM. Identifikasi dilakukan dengan melihat dari sudah terpenuhikah requirement dari *skill*, *technological experience*, dan jenis *skill* dari SDM yang melakukan pekerjaan perbaikan kapal.
2. Ergonomi SDM pengerjaan pada perbaikan kapal. Tahap identifikasi ini mengecek tentang posisi pengerjaan, ergonomi mesin, dan ergonomi lapangan. Apabila ditemukan bahwa ergonomic pengerjaan perbaikan buruk, maka lakukan mitigasi terhadap pengerjaan perbaikan kapal tersebut.
3. Terjadinya alterasi yang disebabkan SDM. Alterasi yang dimaksud adalah perubahan pekerjaan yang terjadi pada perbaikan kapal, yang disebabkan oleh niat dari SDM

yang melakukan perbaikan kapal. Hal ini tentunya perlu dimitigasi agar hasil perbaikan kapal selalu sesuai keinginan.

Untuk menyelesaikan permasalahan kegagalan manusia dalam menciptakan hasil perbaikan kapal yang andal, galangan harus:

- 1) Memperbaiki kualitas pekerjaannya dengan tidak memakai pekerja tanpa *experience* karena ada perbedaan 3% terhadap kemungkinan gagalnya suatu barang.
- 2) Faktor Lingkungan kerja dari galangan harus ditingkatkan. Untuk kondisi lingkungan galangan harus dilakukan penelitian Ergonomis dalam sebuah pengerjaan perbaikan kapal. Faktor ergonomis yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari hasil wawancara dan pengamatan langsung dari galangan DPS.
- 3) Faktor alterasi oleh pekerja. Faktor ini dapat diantisipasi dengan *controlling* yang baik oleh galangan yaitu dengan melakukan *step by step controlling*. Walaupun menambah jam kerja dari supervisor/mandor. Penambahan jam kerja tadi menyebabkan *failure rate* dari hasil pekerjaan *repair* menurun.

5.8.2. Material

Pada *failure list* yang dibuat sebelumnya, material pengganti berpengaruh sangat besar dalam nilai keandalan dari perbaikan *repair*. Penyebab ketidakandalan hasil *repair* yang berhubungan dengan material adalah:

- 1) Material dibawah *standard*.
- 2) Pemasangan material yang buruk.
- 3) Ketidak cocokan material terhadap *requirement*.

Keandalan material disini dibagi menjadi dua yaitu; material sekali pakai dan material yang nantinya menjadi bahan *repair*. Untuk keandalan material sekali pakai lebih ditenkankan untuk persentase keberhasilan material ketika dipakai. Apakah langsung *failure* atau berhasil. Misal satu jenis peluru dites dengan ditembakkan sebanyak 100 kali. Dari 100 tembakan ada 1 buah peluru yang tidak meledak. Maka presentasi keandalanya adalah 99%. Untuk keandalan material yang nantinya akan menjadi bagian dari kapal yang direparasi maka keandalan adalah kemungkinan material tersebut untuk bekerja tanpa gagal dalam jangka waktu dan kondisi yang ditentukan.

Untuk menghitung *failure rate* dari sebuah material adalah dengan melakukan tes atau dengan menghitung umur pakai dari material tersebut. Jadi *failure rate* dari material untuk *repair* memerlukan perhiungan khusus yang tidak dapat dilakukan dalam tugas akhir ini. Tapi kita dapat melakukan analisa pengaruh tiga penyebab ketidakandalan elemen di atas dan pengaruhnya terhadap nilai keandalan.

- *Bad Material Quality*

Untuk pengaruh kualitas material terhadap *failure rate* dari sebuah komponen sebenarnya sangat *item specific* dan tidak dapat ditarik kesimpulan umum dari pengaruhnya. Umumnya pengaruh kualitas material berujung ke semakin besarnya *Mean Time Between failure*. Dimana waktu yang dibutuhkan untuk mesin menjadi gagal semakin singkat.

Penyebab buruknya kualitas material dapat disebabkan karena buruknya *material handling* dari galangan, jeleknya sarana penyimpanan material, tidak dilakukanya *material preparation* sehingga berkurang kualitasnya.

- *Unsuitable material*

Yang dimaksud dengan material yang tidak cocok adalah ketidak samaan spesifikasi material yang dipakai untuk memperbaiki atau *me-maintenace* kapal. Apabila kita memakai material yang tidak cocok untuk sebuah mesin maka kemungkinan besar akan terjadi kegagalan lebih cepat akibat ketidak cocokan.

Tabel 5.12 Tabel Spesifikasi Performa Cairan Hidrolis (Catalog of green marine Hydraulic Fluids,2014)

Performance Data	Method	ISO 32	ISO 46	ISO 68	Special Requirements
Specific Gravity @ 15.6°C	ASTM D-287	0.874	0.876	0.886	Report
API Gravity @ 15.6°C	ASTM D-287	30.4	30.0	28.2	Report
Viscosity @ 40°C	ASTM D-445	30.87	43.8	64.1	Note 1
Viscosity @ 100°C	ASTM D-445	6.9	9.67	12.5	Note 1
Viscosity @ -15°C, Brookfield	ASTM D-2983	Not complete	1100 cP	-----	Note 1
Viscosity @ -25°C, Brookfield	ASTM D-2983	1,200 cP	3,000 cP	-----	Note 1
Viscosity @ -30°C MRV TP1	ASTM D-4684	4,500 cP	8,000 cP	-----	10W= <60,000
Viscosity @ -35°C MRV TP1	ASTM D-4684	7,500 cP	-----	-----	5W= <60,000
Viscosity Index	ASTM D-2270	184	216	198	90 (min)
Pour Point	ASTM D-97	-40°C	-36°C	-30°C	Note 1
Flash Point (COC)	ASTM D-92	236°C	243°C	251°C	198°C (min)
Fire Point (COC)	ASTM D-92	260°C	268°C	274°C	218°C (min)

Menurut Tabel 5.12 jika kita memakai *hydraulic fluid* ISO 32 untuk sebuah pompa hidrolik yang memerlukan hidrolik *fluid* ISO 68 maka akibatnya adalah semakin kecilnya *MTBF* pompa hidrolik tersebut.

- *Under Specification*

Untuk penyebab ketidakandalan ini disebabkan karena spesifikasi yang dibawah standard yang dibutuhkan oleh sebuah komponen kapal. Jika *bad material quality* lebih disebabkan karena kualitas material yang buruk, *under specification* disebabkan karena spesifikasi material yang dipakai tidak memenuhi apa yang rencanakan.

Setelah diketahui pengaruh dari penyebab-penyebab ketidakandalan material di atas. Dan kemudian kita analisa secara kasar pengaruh material terhadap *failure rate* sebuah hasil perbaikan maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh material terhadap *failure rate* adalah:

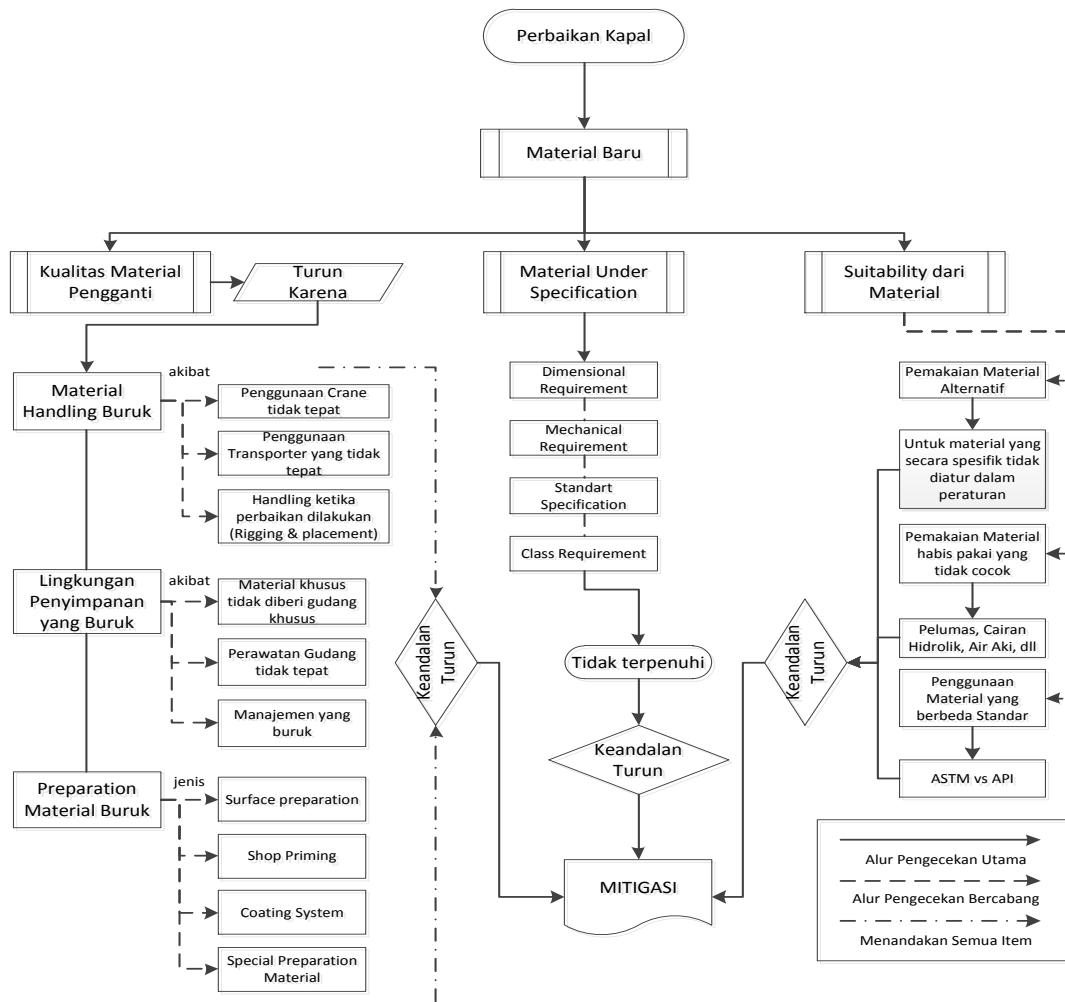
- 1) Pengaruh terhadap *failure rate* akibat perubahan material harus dihitung menggunakan teknik perhitungan *failure probability* atau dengan menggunakan data historis kegagalan.
- 2) Besarnya pengaruh sebuah perbedaan material yang dipakai berbanding lurus dengan penyimpangan yang terjadi. Semakin jauh perbedaan material yang digunakan, semakin besar *failure ratenya*.

Diagram alur pada gambar 5.8 adalah hasil dari pengembangan identifikasi masalah pada perbaikan kapal. Digram alur menjelaskan tahapan pemeriksaan material untuk melihat sumber ketidakandalan pada perbaikan kapal.

Gambar 5.8 menjelaskan identifikasi pada faktor Material di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan, dengan paramenter pemeriksaan:

1. Kualitas material pengganti tidak memenuhi. Kualitas turun karena beberapa alasan, alasan pertama adalah karena; *Material handling* yang buruk, Lingkungan penyimpanan yang buruk, dan karena material preparation yang buruk. Semua alasan diatas dapat ditangani dengan melakukan mitigasi yang akan dibahas berikutnya.
2. *Spec Requirement* material pengganti tidak memenuhi. Untuk dapat melakukan identifikasi, maka requirement dari material dibagi menjadi *dimensional*, *mechanical*, *standard specification*, dan *class requirement*. Empat hal tersebut menjadi patokan untuk mengecek requirement dari material pengganti.
3. Kecocokan material pengganti dengan material yang rusak tidak memenuhi. Dalam perbaikan kapal tentunya ada banyak pilihan dalam menentukan material pengganti,

dan pemilihan material *alternative* menjadi salah satu langkah yang dapat dilakukan. Namun dalam memilih material pengganti ada beberapa hal yang dapat menyebabkan turunya keandalan pada hasil perbaikan kapal. Ketidakcocokan tersebut berawal dari tidak samanya standar dan *requirement*.



Gambar 5.8 Flowchart Identifikasi dan Mitigasi Material

Untuk mencegah agar ketidakandalan hasil pekerjaan yang diakibatkan material tidak terjadi, atau setidaknya diminimalisir. Maka galangan harus:

- 1) Penyimpanan material harus dilakukan dengan benar.
- 2) Proses *preparation* material harus dilakukan *step by step* dengan benar.
- 3) Pada saat proses perencanaan perbaikan kapal dilakukan perencanaan keandalan untuk melihat umur material, sehingga keandalan dari material dapat diketahui lebih awal.

- 4) Pengawasan penggunaan material harus lebih diawasi oleh supervisor sehingga tidak ada kecurangan yang dapat dilakukan. Atau setidaknya kesempatan untuk menggunakan material yang *bad quality* dan *underspec* lebih kecil.

5.8.3. Perencanaan (*Planning*)

Tahap ini berpengaruh secara general terhadap elemen-elemen lainnya dalam perbaikan kapal. Hal ini disebabkan karena tahap persiapan adalah tahap sebelum perbaikan kapal berlangsung. *Planning* yang dimaksud lebih condong ke perencanaan dari proses perbaikan kapal. Dalam konteks perbaikan kapal, elemen *planning* berisi tentang:

- Desain.
- SOP.
- Persiapan Lapangan.

Komponen dari elemen *planning* di atas berpengaruh secara keseluruhan terhadap material, SDM, sarana dan prasarana dari galangan. Untuk definisi keandalan dari *planning* tidak ada namun *planning* adalah elemen penting terhadap peningkatan kualitas hasil pekerjaan di semua jenis definisi keandalan. Sebuah persiapan yang baik akan berakibat hasil yang baik apabila persiapan tersebut dilaksanakan dengan benar.

Untuk dapat memperhentikan keandalan dari *planning* maka kita harus membahas elemen ini secara terpisah:

- Desain

Desain berpengaruh terhadap keseluruhan proses perbaikan kapal. Dari pemilihan material, pemilihan pekerja, dan pemilihan mesin. oleh karena itu *failure probability* dari kesalahan desain sangat besar pengaruhnya terhadap komponen hasil *repair*. Berdasarkan pada buku *practical reliability engineering* kesalahan desain meningkatkan kemungkinan *material failure* atau kegagalan saat dipakai untuk pertama kali. Kesalahan desain juga memperpendek *meantime between failure* dari komponen.

- *Standard Operation Procedure*

Untuk menunjang semua kegiatan, galangan wajib mempunyai *standar operation procedure* untuk setiap proses reparasi. Yang menjadi permasalahan pada galangan adalah

tidak semuanya mempunyai SOP yang mencakup semua kegiatan dalam perbaikan kapal. Tidak adanya SOP berakibat menurunnya keandalan dari proses dan hasil perbaikan kapal. Ketidakadaanya SOP juga membuka lebar kemungkinan terjadinya alterasi pekerjaan oleh SDM karena pekerjaan mereka tidak diatur dalam sebuah peraturan.

Marcia Weeden (2012) seorang *Quality Assurance Consultant* menjelaskan dalam artikelnya bahwa SOP harus menjelaskan *step by step* bagaimana mengerjakan suatu pekerjaan dan menjelaskan dari awal pekerjaan sampai akhir pekerjaan. Oleh karena itu keberadaan SOP penting untuk meningkatkan dan mempertahankan keandalan dari proses perbaikan kapal.

- *Field Preparation*

Persiapan galangan dalam konteks tugas akhir ini lebih ditonjolkan untuk membahas masalah *ergonomic* dari galangan. Sebagaimana sudah dibahas pada mitigasi SDM, kondisi saat perbaikan kapal berpengaruh terhadap keandalan dari SDM yang mengerjakan sebuah pekerjaan perbaikan kapal. Oleh karena itu jika persiapan galangan tidak memasukkan elemen persiapan lapangan dalam kegiatan proses perbaikan kapal maka proses dan pengerjaan kapal akan berkurang nilai keandalannya.

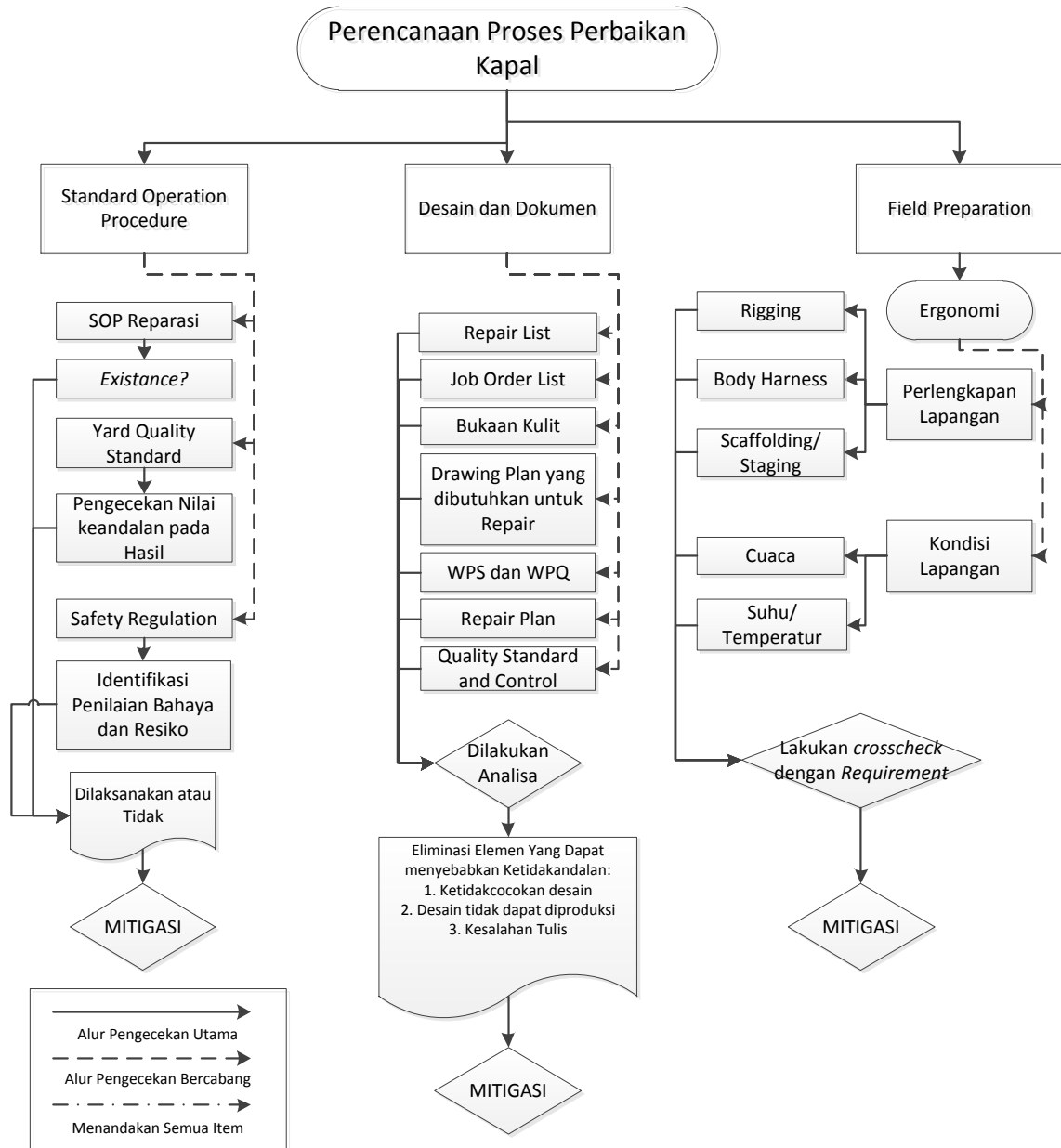
Setelah dibahas di atas, masalah *failure rate* dari masing-masing komponen *planning* maka dapat disimpulkan bahwa *failure rate* dari desain, persiapan lapangan, dan SOP dari *planning* tersambung secara seri ke elemen perbaikan kapal lain. Sehingga perhitungan *failure probability* nya harus dihitung bersamaan.

Ada beberapa garis besar cara mencegah terjadinya penurunan keandalan akibat kesalahan dalam perencanaan perbaikan kapal yaitu:

1. Dengan melakukan proses desain berbasis keandalan. Yang dimaksud adalah proses desain suatu komponen dengan mengikuti kaidah *design for reliability*. Dengan melakukan hal tersebut, maka komponen dan proses perbaikan kapal semakin sering dilakukan semakin baik.
2. Melengkapi SOP dari galangan sehingga semua proses perbaikan kapal diatur dalam peraturan galangan.

3. Selalu mempersiapkan lingkungan kerja yang baik sehingga nilai *ergonomic* dari SDM dapat terpenuhi.

Gambar 5.9 dibawah menjelaskan alur identifikasi dari proses perbaikan kapal di galangan kapal sesuai dengan alur yang sudah dirancang.



Gambar 5.9 Flowchart Identifikasi dan Mitigasi Preparation

Gambar 5.8 menjelaskan identifikasi pada faktor Material di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan, dengan parameter pemeriksaan:

1. SOP dari perbaikan kapal berpengaruh terhadap keandalan kapal karena SOP memastikan bahwa langkah-langkah yang dilakukan dalam perbaikan kapal sudah benar dan diperhitungkan secara matang. Ada beberapa poin dalam identifikasi ini yaitu; ada tidaknya SOP, *Yard Quality Standard* sudah ada untuk komponen tersebut atau belum, dan *Safety Regulation* sudah dilakukan atau hanya sebatas dokumen saja.
2. Desain dan dokumen perbaikan kapal berpengaruh terhadap keandalan hasil dan proses perbaikan kapal secara keseluruhan.
3. Persiapan Lapangan berpengaruh terhadap keandalan hasil dan proses perbaikan kapal secara keseluruhan.

5.8.4. Sarana Prasarana

Sarana dan prasarana ikut berpengaruh terhadap proses perbaikan kapal di galangan. Sarana dan prasara terdiri dari mesin dan peralatan pendukung dalam proses perbaikan kapal di galangan kapal. Mesin dan peralatan mempunyai definisi keandalan sendiri yaitu kemampuan sebuah mesin dan peralatan bekerja tanpa mengalami kerusakan dalam kondisi dan waktu yang sudah ditentukan.

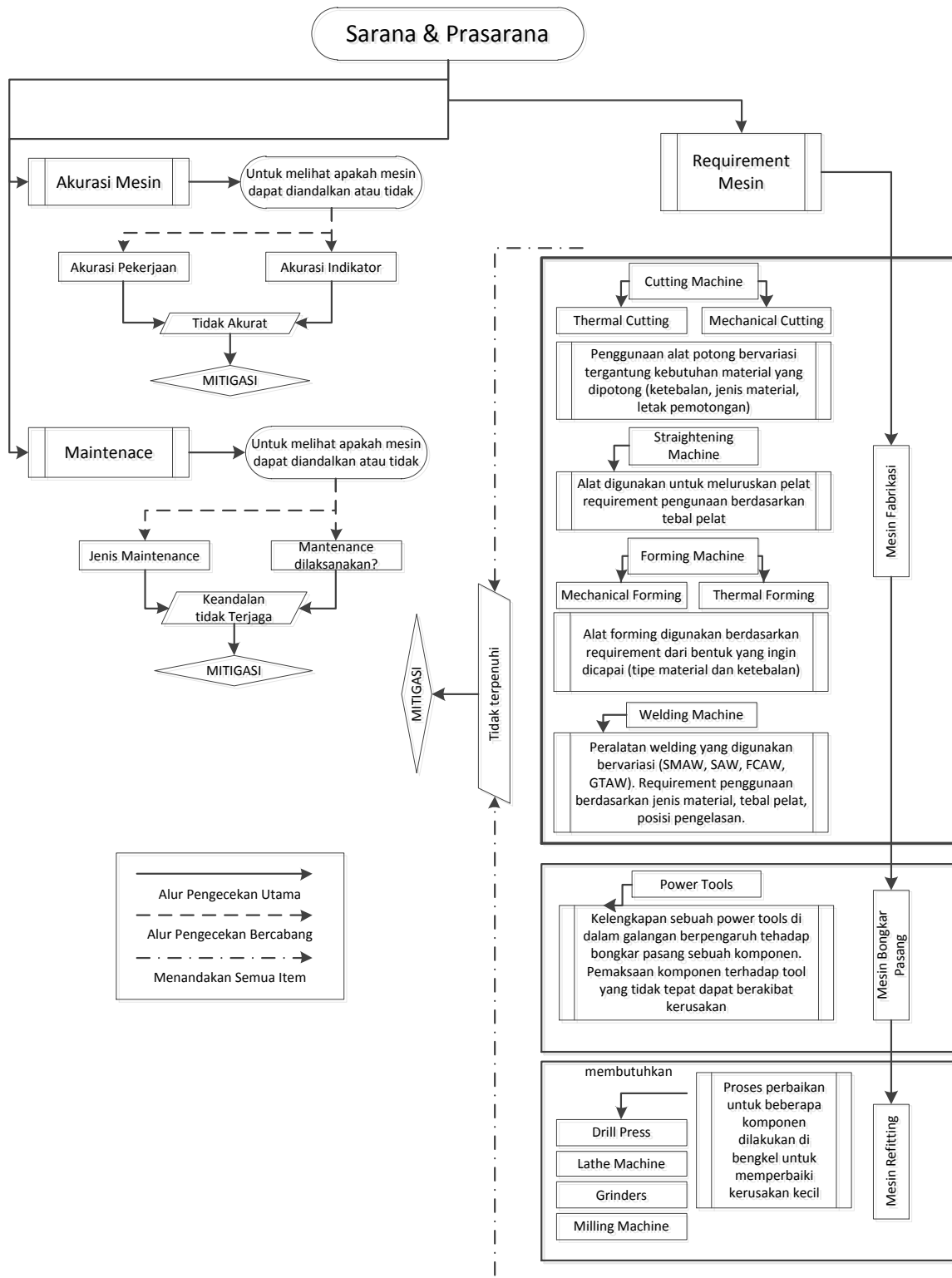
Definisi keandalan untuk sebuah mesin sebenarnya beragam tergantung dari jenis dan tujuan mesin tersebut. Sebuah mobil dikatakan *reliable* apabila tidak perlu sering-sering ke bengkel untuk perbaikan. Untuk kasus di atas keandalan adalah kualitas dari waktu ke waktu. Kualitas sendiri dihubungkan dengan *workmanship* dan proses manufakturnya. Tapi perlu digaris bawahi bahwa sebuah mesin mempunyai masa hidup yang sudah ditentukan. Secara formal definisi keadalan untuk mesin adalah kemampuan sebuah mesin untuk bekerja sesuai fungsinya dibawah kondisi yang ditentukan dalam waktu tertentu.

Berdasarkan penemuan dari *failure list* komponen kapal pada analisa keandalan. Ditemukan bahwa sarana prasarana yang digunakan dalam proses perbaikan kapal juga berpengaruh terhadap nilai keandalan hasil perbaikan kapal. Penyebab dari ketidakandalan tersebut adalah:

- 1) Mesin yang dipakai tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk melakukan pekerjaan. Sehingga berakibat pada penurunan kualitas hasil pengerjaan. Sedangkan kualitas berhubungan erat dengan keandalan.
- 2) Mesin sudah memenuhi *requirement* dalam melakukan proses perbaikan kapal. Namun karena kondisi dari mesin tersebut sudah *wearout*. Maka kemampuan mesin untuk memenuhi standar hasil sudah tidak tercapai.
- 3) Tingkat Akurasi penggunaan dari mesin tidak benar, hal ini disebabkan karena kalibrasi yang dilakukan pada mesin tidak maksimal.

Dapat diambil kesimpulan bahwa yang dijadikan sebagai poin ketidakandalan adalah. *Maintenance* mesin, Kalibrasi Mesin, dan Kecocokan mesin. Hal penting yang perlu diketahui adalah pengaruh penggunaan mesin yang satu dengan mesin yang lain jika digunakan untuk memperbaiki kapal. Pada tahap selanjutnya kita harus mengetahui perubahan pada *failure rate* yang terjadi akibat dari penggunaan mesin yang berbeda dari standar.

Untuk pendekatan *failure rate* dilakukan seperti ini dengan *top down analysis*. Dari pembahasan diatas, dibuatlah sebuah diagram alur yang menjelaskan tahapan pemeriksaan dari penyebab ketidakandalan pada sarana dan prasarana di galangan.



Gambar 5.10 *Flowchart* Identifikasi dan Sarana & Prasarana

Gambar 5.10 menjelaskan identifikasi pada faktor *preparation* di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan, dengan parameter pemeriksaan:

1. Kalibrasi dari mesin, parameter akurasi sangat penting dalam sebuah pengerjaan perbaikan kapal. Sebuah mesin yang tidak pernah dikalibrasi menyebabkan penyimpangan dalam hasil perbaikan yang dapat berakibat pada menurunnya keandalan.
2. Pada parameter maintenance dilakukan pengecekan untuk melihat apakah maintenance dilakukan oleh galangan atau tidak. Pengecekan dilakukan dalam konteks melihat jenis maintenance dan sudah dilakukannya maintenance.
3. Parameter Requirement mesin, dilakukan identifikasi untuk melihat apakah requirement dari mesin dalam perbaikan kapal sudah dilakukan atau belum. Ada banyak parameter yang harus dipenuhi, namun secara garis besar parameter tersebut adalah ketebalan dan jenis material.

Dari *top down analysis* didapatkan kesimpulan untuk mencegah agar ketidakandalan yang muncul akibat dari penggunaan mesin yang tidak tepat adalah:

- 1) Dengan selalu menggunakan mesin dan peralatan yang memang dibutuhkan oleh proses tersebut.
- 2) Jika memang tidak ditemukan peralatan yang memenuhi *requirement* maka dilakukanlah perubahan perencanaan pelaksanaan pekerjaan. Dilakukanlah perubahan parameter mesin yang digunakan. Kemudian analisa apakah pekerjaan tersebut masih dapat dilakukan tanpa merubah kualitas hasil perbaikan apa tidak.
- 3) Selalu rajin melakukan perawatan untuk memelihara keandalan dari mesin. Perawatan dilakukan secara tahunan atau bulanan tergantung dari intensitas penggunaan mesin tersebut.
- 4) Lakukan kalibrasi untuk mengecek akurasi dan pengecekan kondisi mesin untuk melihat apakah ada kerusakan yang terjadi pada mesin sehingga kerusakan tidak merambat ke hasil perbaikan kapal.
- 5) Selalu memastikan bahwa pengguna mesin telah mengerti cara menggunakan mesin tersebut.

5.9. Kasus Khusus Ketidakandalan yang Tidak Teridentifikasi Lewat Model

Investigasi khusus perlu dilakukan jika penyebab ketidakandalan tidak ditemukan lewat model pengecekan yang di *develop* dalam tugas akhir ini. Investigasi khusus dilakukan dengan bantuan case based reliability analysis. Perbedaan dari pendekatan ini dengan

pendekatan yang dilakukan tugas akhir terletak pada objek yang di teliti. Jika pada tugas akhir ini yang di teliti adalah generalisasi pada penyebab ketidakandalan pada 13 komponen dan 34 aktivitas perbaikan kapal. Untuk investigasi khusus, yang dilakukan adalah pendekatan terhadap 1 komponen dan aktivitas yang berhubungan dengan komponen tersebut. Tahapan yang dilakukan untuk investigasi khusus adalah:

1. Melakukan pengumpulan data kegagalan secara menyeluruh untuk melakukan identifikasi sumber permasalahan dari kerusakan tersebut. Data yang diambil berupa:
 - a. Data historis *maintenance*.
 - b. Data historis pemakaian.
 - c. Data historis kondisi dari komponen dari waktu ke waktu.
 - d. *Guidance* pemakaian komponen.
 - e. Data historis kondisi operasi kapal.
 - f. Data kerusakan minor yang tidak berpengaruh terhadap sistem kerja komponen.
 - g. Dan data lain yang dianggap perlu untuk melakukan *reliability analysis*.
2. Melakukan Identifikasi kegagalan komponen dengan melakukan *Root Cause Analysis* (RCA) dan membuat *Reliability Block Diagram* (RBD). RCA yang dilakukan disarankan untuk lebih spesifik terhadap jenis kerusakan dan RBD yang diciptakan harus spesifik sistem dari komponen tersebut.
3. Melakukan analisa terhadap hasil RCA dan RBD dan melihat hubungannya dengan kerusakan yang terjadi.
4. Mendefinisikan Corrective Action dan Mitigasi yang harus dilakukan terhadap kerusakan tersebut.
5. Melakukan validasi dan verifikasi terhadap solusi yang diambil.

BAB VI

STUDI IMPLEMENTASI KEANDALAN PADA PERBAIKAN KAPAL

6.1. Keandalan pada Perbaikan Kapal

Mengambil hasil dari analisa pada studi perbaikan kapal pada bab-bab sebelumnya maka ada beberapa poin penting dalam konteks keandalan dalam perbaikan kapal. Poin-poin tersebut adalah:

1. Penentuan definisi keandalan pada perbaikan kapal dilakukan dengan bantuan pendekatan *reliability analysis*, yaitu memeriksa aktifitas pada perbaikan kapal yang dapat mempengaruhi keandalan secara umum. Kemudian menarik kesimpulan tentang definisi keandalan yang berlaku pada perbaikan kapal berlandaskan definisi keandalan pada umumnya.
2. Dalam perbaikan kapal ada dua jenis definisi keandalan yang digunakan, yaitu definisi keandalan pada hasil perbaikan kapal dan definisi keandalan pada sistem/proses perbaikan kapal.
3. Definisi keandalan hasil perbaikan kapal adalah probabilitas kemampuan sebuah komponen untuk mempertahankan fungsinya dalam jangka waktu dan kondisi yang telah ditentukan (keandalan hasil perbaikan).
4. Definisi keandalan untuk sistem dan proses perbaikan kapal adalah probabilitas kemampuan sebuah elemen perbaikan kapal untuk mempertahankan fungsinya dalam jangka waktu dan kondisi yang telah ditentukan (keandalan galangan dalam proses perbaikan).
5. Berdasarkan temuan dari RBD pada perbaikan kapal, untuk memperbaiki keandalan pada proses dan hasil perbaikan kapal perlu dilakukan mitigasi terhadap seluruh aktifitas yang dapat menyebabkan menurunnya keandalan hasil perbaikan kapal yang ditemukan pada analisa di bab sebelumnya.
6. Mitigasi yang diambil berupa langkah-langkah untuk menghilangkan aktifitas yang menurunkan keandalan. Mitigasi dari aktifitas yang menyebabkan ketidakandalan sudah dijelaskan pada Bab 5.6 *Corrective Action* dan Mitigasi.

7. Untuk keandalan pada proses perbaikan kapal ditingkatkan dengan menggunakan *tools* dan teknik keandalan yang dibahas pada bab ini. Pemilihan *tools* dan teknik keandalan didasarkan pada level teknologi dan kebutuhan galangan.

Dari beberapa poin di atas maka dapat ditarik kesimpulan bahwa keandalan pada perbaikan kapal adalah:

“Probabilitas keberhasilan sebuah galangan memperbaiki kapal sesuai dengan permintaan *owner* kapal dalam waktu dan kondisi pakai yang ditentukan.”

Gagal dalam definisi di atas ada dua yaitu; elemen pada proses perbaikan kapal gagal mempertahankan keandalannya ketika sedang melakukan perbaikan kapal dan hasil perbaikan kapal gagal memenuhi keandalan sebuah barang. Jangka waktu yang digunakan bervariasi untuk elemen tertentu. Secara garis besar, jangka waktu untuk proses perbaikan kapal adalah selama proyek dijalankan dan untuk hasil perbaikan kapal waktu adalah dari selesai perbaikan sampai jadwal perbaikan selanjutnya. Kondisi adalah keadaan dimana proses perbaikan kapal dirancang terjadi.

Berdasarkan definisi di atas maka, langkah berikutnya dalam tugas akhir ini yang harus dilakukan adalah menjadikan definisi tersebut sebagai target perbaikan kapal di galangan kapal. Berdasarkan perumusan masalah, cara yang digunakan adalah dengan mengimplementasikan definisi tersebut pada perbaikan kapal di galangan kapal. Ada beberapa poin penting sebelum melakukan analisa implementasi, poin tersebut adalah:

1. Memastikan *failure rate* dari sistem perbaikan kapal seminim mungkin dengan menggunakan pendekatan keandalan.
2. Memastikan *failure rate* dari komponen hasil perbaikan kapal seminim mungkin dengan menggunakan pendekatan keandalan.
3. Memastikan tingkat kerusakan yang terjadi akibat *failure* dapat ditolerir.
4. Semua target di atas dicapai dengan solusi pendekatan yang tersedia dalam *engineering reliability*.

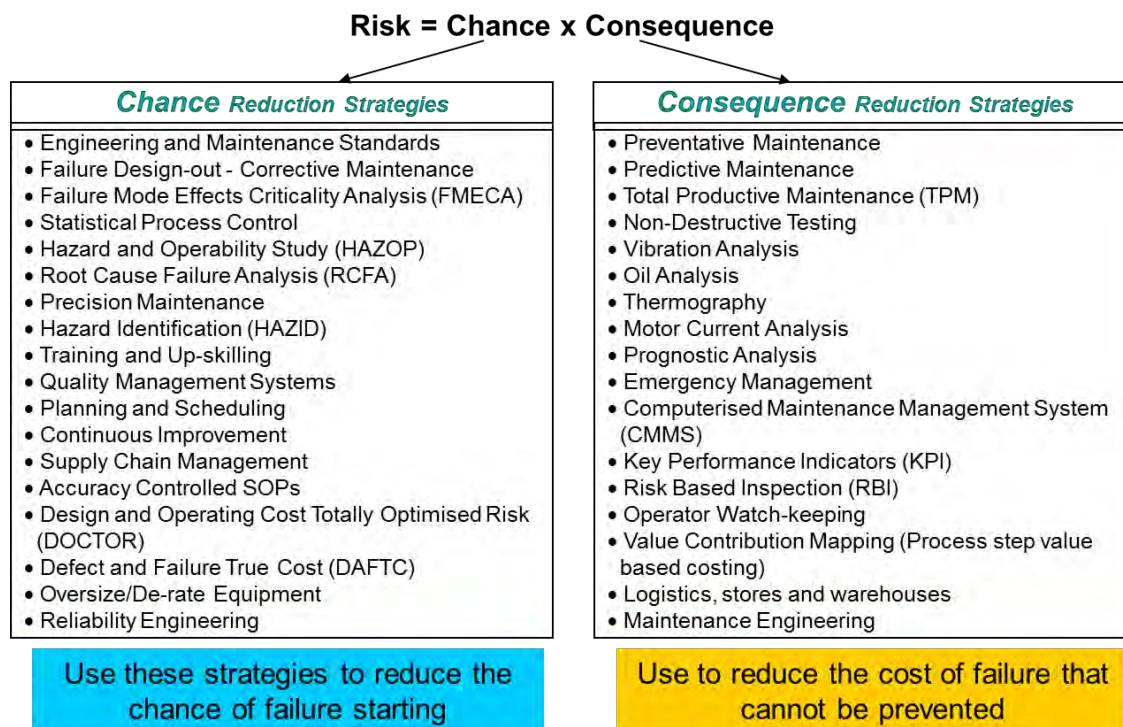
Dari poin di atas maka target implementasi dari keandalan pada perbaikan kapal adalah menurunkan *failure rate* dari kegagalan pada perbaikan kapal yang menyebabkan meningkatnya keandalan. Hal tersebut dapat dicapai dengan mengimplementasikan keandalan dalam bentuk *tools* dan teknik untuk memperbaiki kondisi yang ada saat ini.

Implementasi tersebut juga harus didukung mitigasi terhadap aktifitas yang dapat menurunkan keandalan. Untuk mitigasinya sendiri sudah dilakukan analisa pada Bab 5-6. Mitigasi dan *tools* dan teknik keandalan akan dilakukan bersamaan untuk mencapai perbaikan kapal dengan keandalan yang maksimal.

6.2. Tools dan Teknik Peningkatan Keandalan

Untuk meningkatkan keandalan berarti menurunkan kemungkinan untuk gagal. Semakin tinggi probabilitas untuk gagal berarti semakin rendah keandalan. Oleh karena itu *tools* untuk meningkatkan keandalan berarti *tools* untuk menurunkan probabilitas kegagalan. Mike Sondalini dalam *Training to Master reliability and Maintenance Management* mengemukakan banyak *tools* yang dapat digunakan untuk menurunkan resiko.

Setiap *tools* dan teknik berpengaruh terhadap sebuah sistem yang besar. Tidak semua *tool* harus digunakan. Penggunaanya tergantung kondisi dari sistem yang akan ditingkatkan keandalanya. Pembagian *tools* dan teknik keandalan dibagi menjadi dua. Yang pertama adalah *tools* dan teknik menurunkan kemungkinan terjadinya kegagalan dan yang kedua adalah *tools* dan teknik memperkecil pengaruh konsekuensi kegagalan. *Tools* dan teknik yang dijabarkan dibawah ini tidak semuanya pernah dilakukan penelitian untuk diterapkan pada proses perbaikan kapal. Untuk kedepannya diharapkan penelitian untuk *tools* dan teknik dibawah ini dilakukan seperti pada Gambar 6.1



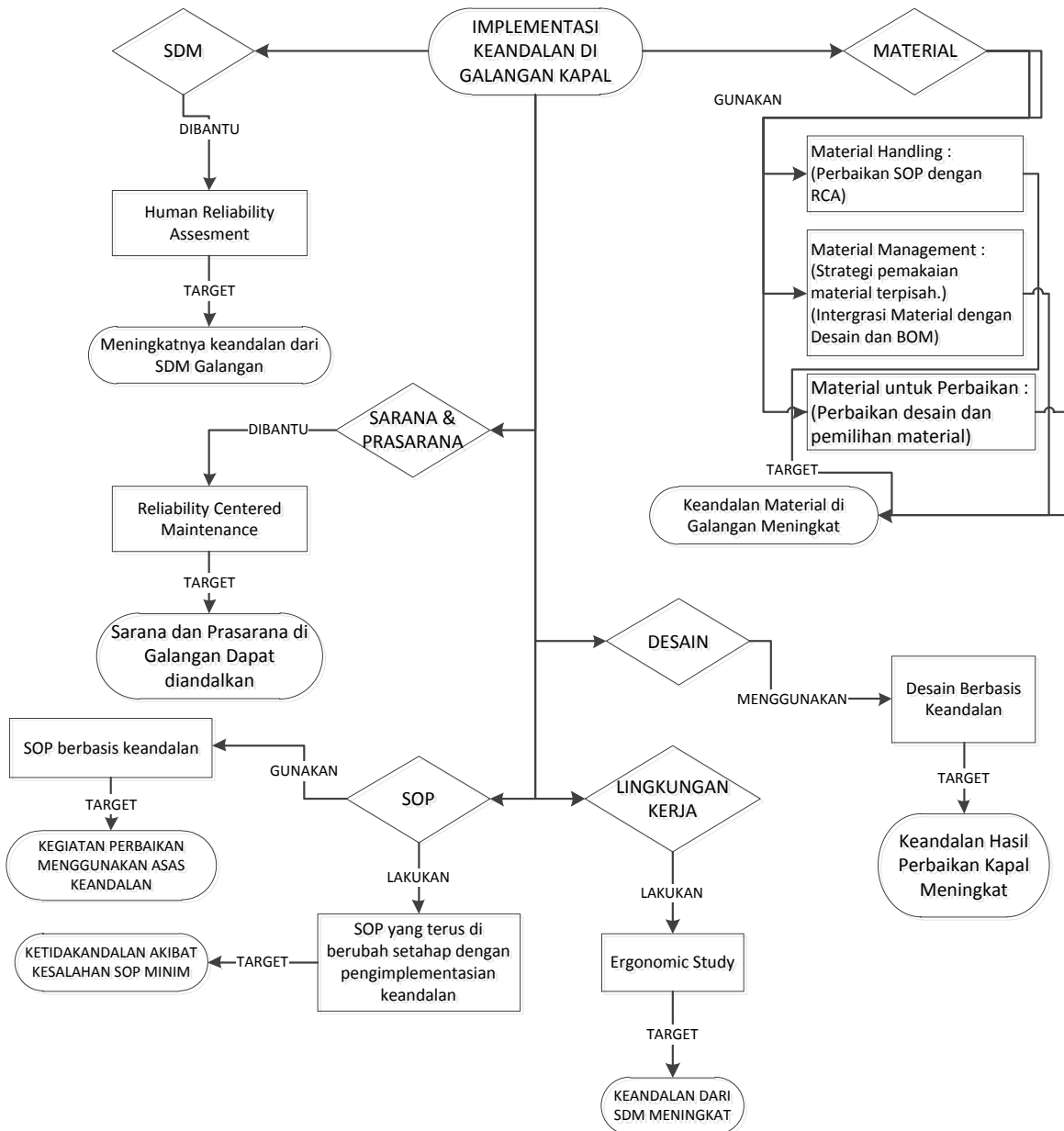
Gambar 6.1 *Tools dan Teknik dalam Reliability Engineering* (mike sondalini, 2007)

6.3. Implementasi dan Target Keandalan di Galangan Kapal

Implementasi keandalan di galangan kapal dapat dilakukan dengan beberapa macam pendekatan. Sebagai contoh, penerapan keandalan dalam hal operasi kapal dapat dilakukan dengan RCM. Bahkan sudah ada sebuah *guidance* dari ABS tentang penerapan *Reliability Based Maintenance* di Kapal. RCM membahas tentang memaksimalkan *maintenance* dengan menggunakan keandalan sebagai basis pengambilan keputusan untuk melakukan *maintenance*. Dalam penelitian ini kita mencoba mendefinisikan *Reliability Based Ship Repair* atau Perbaikan Kapal berbasis Keandalan.

Setelah diketahui elemen mana yang perlu dilakukan pengembangan untuk diterapkan keandalan sehingga kualitas perbaikan kapal di galangan secara umum, meningkat. Dilakukan rekomendasi bagaimana meningkatkan keandalan dari perbaikan kapal dengan melakukan teknik-teknik keandalan pada perbaikan kapal. Teknik-teknik keandalan sendiri banyak jenisnya, namun tidak semua teknik dan *tools* keandalan dapat diterapkan ke perbaikan kapal.

Strategi implementasi beserta target dari setiap pemakaian teknik dan *tools* keandalan dijelaskan dalam Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Alur Implementasi dan Target Setiap Implementasi

6.3.1. Implementasi dan Target Keandalan untuk SDM di Galangan Kapal

Salah satu teknik pengembangan yang sering digunakan untuk meningkatkan keandalan dari manusia atau SDM adalah dengan metode *Human reliability Assessment* (HRA). HRA adalah teknik untuk menghitung kontribusi manusia terhadap resiko menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif.

Teknik HRA untuk perbaikan kapal dapat diterapkan sebagai teknik untuk melihat kemungkinan gagalnya suatu pekerjaan dari seorang atau sekelompok manusia. HSA sendiri adalah hasil pengembangan dari data historis yang digabungkan dengan teori probabilitas.

Penggunaan HRA untuk implementasi keandalan digunakan sebagai teknik menganalisa data kuantitatif dan kualitatif dari SDM sebuah sistem. Data kualitatif dan kuantitatif tersebut dievaluasi untuk meningkatkan keandalan dari SDM tersebut.

Target yang harus dicapai bagi SDM perbaikan kapal adalah SDM mempunyai kemampuan menemukan dan menyelesaikan masalah, tim kerja yang dinamis, dan mempunyai kecakapan dalam bidang yang ia kerjakan. Tahap ini dapat dicapai dengan melakukan training terhadap SDM perbaikan kapal.

6.3.2. Implementasi dan Target Keandalan untuk Material di Galangan Kapal

Untuk dapat meningkatkan keandalan material di galangan, galangan harus membagi material menjadi beberapa kriteria. Hal ini disebabkan material memiliki cakupan yang luas sehingga teknik peningkatan keandalannya juga banyak. Dalam studi ini yang ingin diperbaiki keandalannya dari perbaikan kapal dalam konteks material adalah:

1. Material Handling

Untuk *material handling*, peningkatan keandalan dilakukan dengan melakukan perbaikan SOP pada *material handling*. Kemudian melakukan analisa keandalan sederhana dengan *Root Cause Analysis*. Dapat juga dilakukan peningkatan keandalan dengan melakukan RCM pada sarana *material handling* seperti *crane* dan *transporter*.

2. Material Management

Untuk *material management*, penerapan keandalan yang minimal harus dicapai adalah sistem manajemen dalam kondisi dimana setiap material mempunyai strategi pemakaian yang terpisah, material sudah terhubung dengan BOM dan *Repair List*, melakukan manajemen suku cadang ABM (dimana suku cadang A tidak boleh sampai tidak ada).

3. Material for Repairing

Untuk meningkatkan keandalan material untuk perbaikan, keandalan harus sudah dihitung pada tahap desain dengan menggunakan pendekatan perhitungan keandalan untuk sebuah komponen kapal. Sehingga ketidakandalan dari komponen kapal dapat diturunkan.

Hal yang penting dilakukan untuk meningkatkan keandalan dari material pada perbaikan kapal adalah dengan melakukan pencatatan untuk semua kegagalan yang berhubungan dengan material yang digunakan, difabrikasi, dan dihasilkan oleh galangan. Sehingga galangan mempunyai data kuantitas dan kualitas sebagai dasar pengembangan keandalan dari perbaikan kapal.

6.3.3. Implementasi dan Target Keandalan untuk Prasarana di Galangan Kapal

Implementasi keandalan untuk sarana dan prasarana di galangan dilakukan dengan menggunakan teknik RCM untuk fasilitas galangan. RCM adalah gabungan optimal dari perawatan jenis *reactive maintenance*, *time/interval-based*, *condition based*, dan *proactive maintenance*. RCM bertujuan untuk meningkatkan ke-efektifan mesin untuk selanjutnya meningkatkan produktivitas.

Untuk dapat menggunakan RCM pada peralatan di galangan memerlukan usaha yang besar dan harus disadari oleh manager dari sistem kerja terkait. Penggunaan RCM yang efektif akan sangat rumit untuk diterapkan jika data galangan sangat sedikit. Namun RCM tetap dapat diterapkan dengan data yang minim. Tetapi diperlukan kemampuan yang lebih bagi orang yang melakukan pendekatan peningkatan kualitas ini. Atau dengan kata lain, diperlukan seseorang dengan pengalaman yang banyak. RCM sendiri adalah kegiatan yang berulang-ulang sehingga semakin lama digunakan semakin baik.

6.3.4. Implementasi dan Target Keandalan untuk Desain di Galangan Kapal

Tidak ada *tools* khusus untuk peningkatan keandalan desain di galangan. Karena desain berbasis keandalan untuk setiap kasus akan berbeda. Sehingga cara yang paling cocok untuk mengimplementasikan keandalan pada desain di galangan adalah dengan pendekatan *case based*. *Case Based* dilakukan dengan tahap seperti yang diambil dari *Design for Reliability*.

6.3.5. Implementasi dan Target Keandalan untuk SOP di Galangan Kapal

Pengimplementasian keandalan untuk SOP di galangan perlu dilakukan dalam sebuah penelitian tersendiri. Namun, berdasarkan studi implementasi yang dilakukan dalam tugas akhir ini, masalah yang berhubungan dengan SOP yang perlu dilakukan pendekatan adalah:

1. Pembuatan *Standard Operation Procedure* yang menggunakan keandalan.

2. *Controlling* SOP dan improvisasi SOP yang terus berkembang berdasarkan tingkat tahapan pengimplementasian keandalan di galangan.

6.3.6. Implementasi dan Target Keandalan untuk Persiapan Lapangan di Galangan Kapal

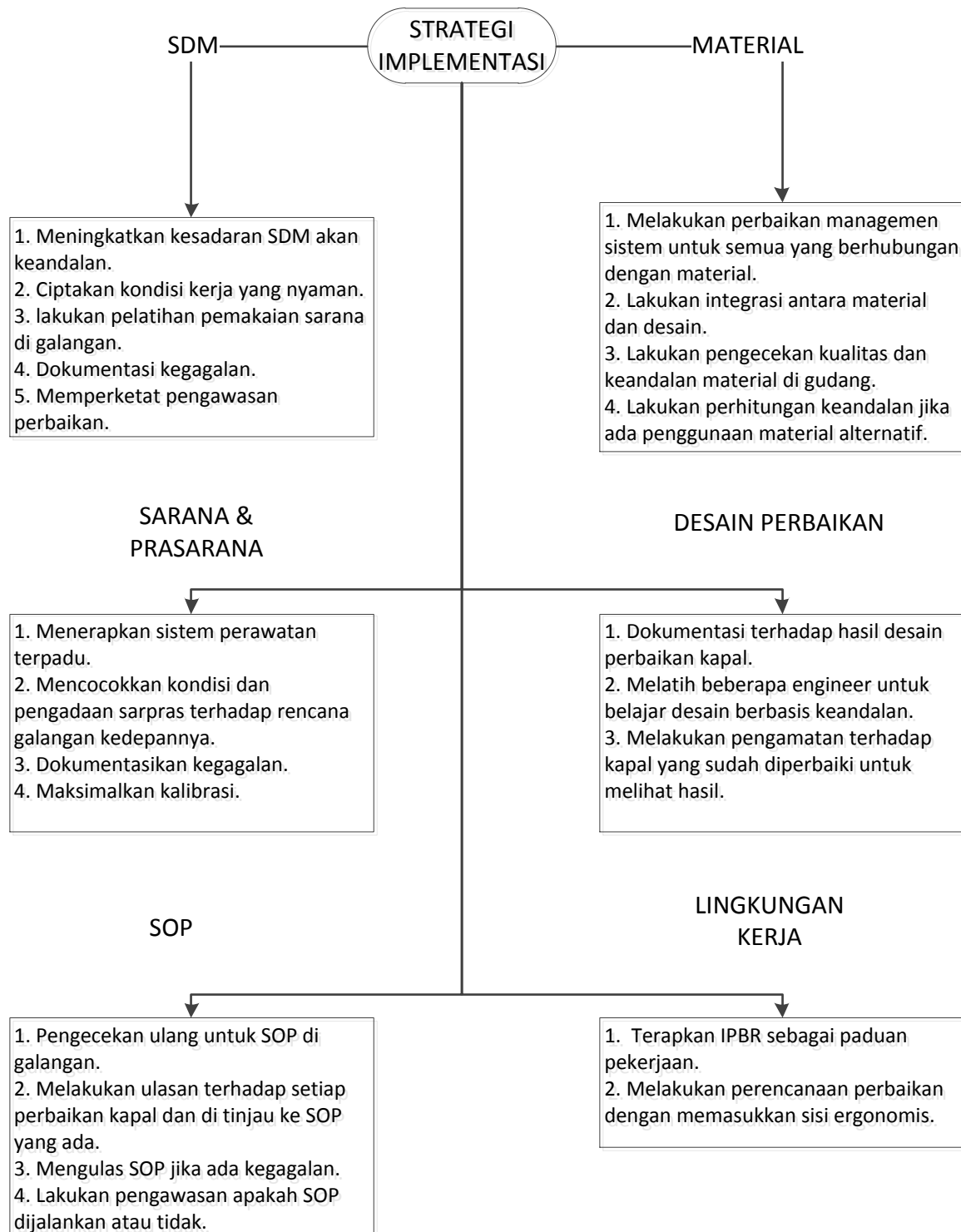
Persiapan lapangan di galangan berpengaruh terhadap performa dari SDM dalam proses perbaikan kapal. Kondisi galangan saat ini kurang memperhatikan ergonomi dari pengerjaan perbaikan kapal. Studi ergonomi penting dilakukan untuk meningkatkan performa dari SDM dan meningkatkan keandalan dari SDM perbaikan kapal di galangan kapal.

Persiapan lapangan yang baik juga berpengaruh terhadap hasil perbaikan kapal. Sehingga dengan mengimplementasikan keandalan pada persiapan lapangan dapat meningkatkan nilai keandalan perbaikan kapal.

6.4. Strategi Implementasi Keandalan pada Perbaikan Kapal di Galangan Kapal

Strategi adalah rencana yang cermat mengenai kegiatan untuk mencapai sasaran khusus (Kamus Besar Bahasa Indonesia). Dengan kata lain strategi adalah cara dan teknis yang dirancang untuk memastikan pencapaian pada sebuah tujuan. Dalam penelitian ini tujuan yang ingin dicapai adalah meningkatnya keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal.

Hal yang dibahas dalam setiap sub-bab strategi implementasi adalah ide bagaimana caranya agar keandalan dapat diimplementasikan dalam perbaikan kapal. Sebagai galangan kapal, galangan harus melakukan apa untuk mengimplementasikan keandalan. Strategi implementasi dari implementasi keandalan pada perbaikan kapal dijelaskan dalam Gambar 6.3.



Gambar 6.3 Strategi Implementasi

6.4.1. SDM

Strategi untuk mengimplementasi keandalan pada sumber daya manusia perbaikan kapal di galangan kapal, galangan direkomendasikan untuk melakukan beberapa hal yaitu:

1. Meningkatkan kesadaran SDM dalam hal kepedulian terhadap perbaikan kapal atau kepada perusahaan secara keseluruhan. Hal ini dapat dilakukan dengan menimbulkan rasa kecintaan terhadap perusahaan untuk setiap SDM di galangan kapal.
2. Menciptakan kondisi kerja yang nyaman sehingga pekerja nyaman untuk berkerja di galangan. Hal ini berhubungan dengan sisi ergonomis pengerjaan perbaikan kapal.
3. Melakukan pelatihan untuk tata cara pemakaian peralatan di galangan secara menyeluruh untuk semua tenaga kerja langsung yang terlibat dalam perbaikan kapal.
4. Selalu melakukan dokumentasi untuk setiap pengerjaan. Hal ini dilakukan untuk melengkapi data yang digunakan dalam hampir semua teknik dan *tools* keandalan.
5. Memperketat pengawasan terhadap pengerjaan perbaikan kapal. Jika perlu, dilakukan penambahan tenaga pengawas pengerjaan.

6.4.2. Material

Strategi untuk mengimplementasi keandalan pada material perbaikan kapal di galangan kapal, galangan direkomendasikan untuk melakukan beberapa hal yaitu:

1. Melakukan perbaikan terhadap semua sistem yang terhubung dengan material seperti sistem penyimpanan barang di gudang, sistem manajemen material, sistem penamaan barang, dan sistem sistem transportasi material.
2. Mulai melakukan integrasi antara material dan desain yang didukung oleh sebuah sistem informasi di galangan kapal.
3. Selalu melakukan pengecekan terhadap kualitas dari material yang disimpan di gudang, sehingga kualitas material akan selalu terpantau kondisinya.
4. Menghindari penggunaan material alternatif yang lebih murah namun kualitas dan umur pemakaiannya belum terjamin.

6.4.3. Sarana dan Prasarana

Strategi untuk mengimplementasi keandalan pada sarana dan prasarana pada perbaikan kapal di galangan kapal, galangan direkomendasikan untuk melakukan beberapa hal yaitu:

1. Menerapkan sistem perawatan terpadu yang terus diawasi oleh bagian sarana prasarana sehingga kondisi sarana terus menerus berada pada kondisi terbaik.

2. Mencocokkan kondisi dan pengadaan setiap sarana dan prasarana, terhadap rencana umum galangan kedepannya sehingga sarana dan prasarana tidak menghambat pengembangan perusahaan kedepannya.
3. Galangan tidak boleh malas untuk mendokumentasikan setiap kegagalan yang terjadi pada sarana dan prasarana di galangan kapal. Hal ini sangat penting apabila galangan ingin mengimplementasi keandalan pada perbaikan kapal.
4. Lakukan kalibrasi agar akurasi dari pengerjaan terkendali dalam bentuk *error margin* yang sangat kecil.

6.4.4. Desain

Strategi untuk mengimplementasi keandalan pada desain perbaikan kapal di galangan kapal, galangan direkomendasikan untuk melakukan beberapa hal yaitu:

1. Untuk melakukan dokumentasi terhadap setiap desain perbaikan kapal yang galangan hasilkan. Sehingga kegagalan yang diakibatkan desain tidak terulang.
2. Melatih beberapa orang di bagian desain untuk dilatih melakukan desain perbaikan kapal berbasis keandalan.
3. Melakukan pengamatan terhadap kapal yang sudah diperbaiki untuk melihat hasil perbaikan kapal setelah komponen digunakan untuk jangka waktu yang ditentukan.

6.4.5. SOP

Strategi untuk mengimplementasi keandalan pada SOP perbaikan kapal di galangan kapal, galangan direkomendasikan untuk melakukan beberapa hal yaitu:

1. Melakukan pengecekan ulang terhadap semua SOP di galangan. Apakah ada SOP yang justru malah menurunkan keandalan dari perbaikan kapal di galangan kapal.
2. Melakukan ulasan terhadap setiap kegiatan pada perbaikan kapal. Lalu lakukan tinjauan ke SOP di galangan apakah sudah ada atau belum. Jika belum maka buat SOP untuk kegiatan tersebut.
3. Selalu mengulas SOP untuk perbaikan kapal jika terjadi ketidakandalan pada perbaikan kapal. Atau setidaknya galangan mengulang SOP secara tahunan.
4. Lakukan pengawasan untuk melihat apakah SOP ditaati atau tidak oleh setiap pekerja di galangan. Jika perlu lakukan penambahan SDM.

6.4.6. Persiapan Lapangan

Strategi untuk mengimplementasi keandalan pada persiapan lapangan perbaikan kapal di galangan kapal, galangan direkomendasikan untuk melakukan beberapa hal yaitu:

1. Menerapkan Identifikasi Penilaian Bahaya dan Resiko sebagai panduan pekerjaan. Bukan sebagai pelengkap dokumen pengerjaan.
2. Melakukan perencanaan perbaikan kapal dengan memasukkan sisi ergonomis dari pengerjaan perbaikan kapal.

6.5. Perbaikan Kapal berbasis Keandalan

Beberapa poin penting yang didapat dari hasil analisa implementasi dan pembuatan strategi implementasi adalah:

1. Implementasi keandalan dilakukan dengan menerapkan *tool* dan teknik keandalan yang tersedia pada *reliability engineering*.
2. Implementasi juga dilakukan dengan melakukan mitigasi terhadap kemungkinan aktifitas yang menurunkan nilai keandalan.
3. Strategi implementasi diciptakan untuk memberikan landasan kegiatan bagi galangan yang ingin melakukan implementasi keandalan.

Perbaikan kapal adalah proses mengembalikan kondisi dan fungsi kapal sehingga memenuhi standar yang berlaku. Dari poin-poin di atas diambil kesimpulan bahwa perbaikan kapal berbasis keandalan adalah:

“Proses pengembalian kondisi dan fungsi kapal sesuai standar, dan menjadikan keandalan sebagai basis ide penentuan keputusan dan pengembangan.”

Keputusan yang dimaksud adalah *quality control*, yang menilai komponen dengan menilai kualitas sebagai fungsi waktu ke waktu. Keandalan juga dijadikan basis keputusan untuk menilai faktor elemen dalam sistem perbaikan kapal. Keandalan juga digunakan sebagai basis pengembangan perbaikan kapal kedepannya seperti yang disebutkan dalam definisi di atas.

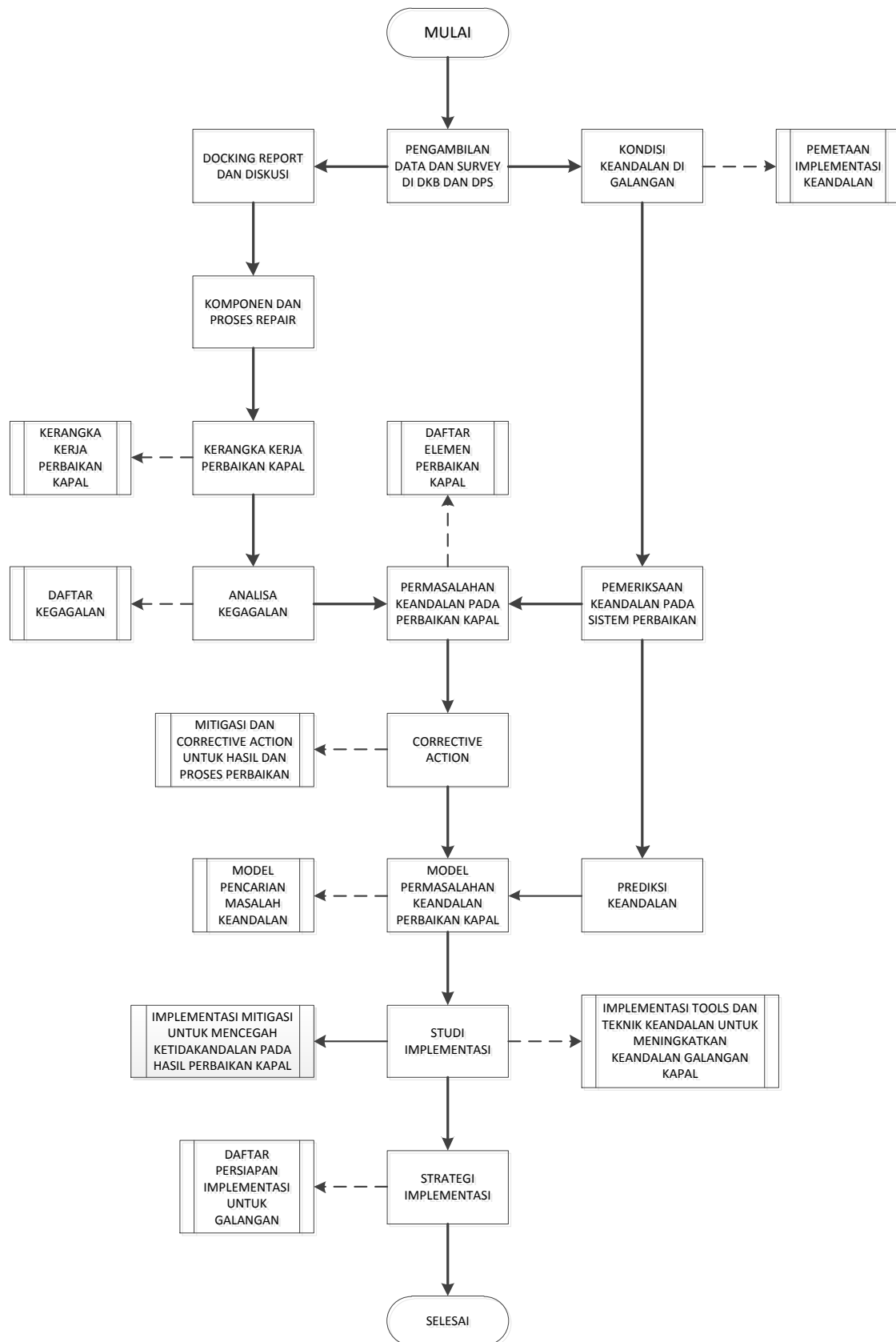
6.6. Prediksi pengaruh Implementasi keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal

Prediksi dibawah ini dibuat berdasarkan studi implementasi yang dilakukan pada objek penelitian lain seperti pabrik, perusahaan, industri manufaktur. Hal yang disebutkan dibawah ini masih perlu penelitian lanjut tentang besar atau kecilnya pengaruh yang dibawa keandalan terhadap objek yang dikenakan. Berdasarkan studi implementasi pada objek lain, implementasi membawa pengaruh:

1. Pengimplementasian RCM memperkecil *cost* dari perawatan dan memperpanjang masa bebas rusak dari sarana dan prasarana.
2. Implementasi keandalan memperkecil kemungkinan gagal dari sistem perbaikan kapal, sehingga berakibat minimnya *failure cost*.
3. Memaksimalkan desain dan mengefektifkan pemakaian material yang berujung menurunnya material *cost* dan *cost* akibat klaim kerusakan.
4. Meningkatkan *satisfaction* dari konsumen akibat minim kerusakan.
5. SOP berbasis keandalan sehingga optimalnya SOP.
6. Peningkatan Ergonomis di Galangan berakibat meningkatnya produktifitas tenaga kerja.

6.7. Rangkuman Alur Pengerjaan Tugas Akhir

Tugas akhir ini dirangkum dalam sebuah bagan yang menjelaskan dari didapatnya data sampai keluarnya kesimpulan. Dijelaskan dalam Gambar 6.4.



Gambar 6.4 Bagan Alur Studi Implementasi

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Kesimpulan-kesimpulan dalam penelitian ini dibuat berdasarkan rumusan-rumusan masalah dan hipotesis yang telah dibuat pada Bab I.

1. Aktivitas perbaikan kapal yang berhubungan dengan keandalan ada dua yaitu; proses perbaikan dan hasil perbaikan. Dalam konteks keandalan, keduanya tidak dapat dikatakan andal. Karena implementasi dan penggunaan keandalan masih minim dilakukan. Keandalan pada perbaikan kapal adalah Probabilitas keberhasilan sebuah galangan untuk memperbaiki kapal sesuai dengan permintaan *owner* kapal dalam waktu dan kondisi pakai yang ditentukan.
2. Kondisi keandalan pada perbaikan kapal di galangan kapal saat ini dapat diperbaiki dengan menggunakan pendekatan implementasi keandalan berupa *reliability analysis*. Yaitu teknik pendekatan berbasis kasus yang digunakan untuk menyelidiki akar penyebab masalah pada proses dan hasil perbaikan kapal di galangan kapal.
3. Berdasarkan studi implementasi perbaikan kapal berbasis keandalan, *Reliability analysis* untuk menentukan penyebab ketidakandalan dilakukan dengan tahap:
 - i. Melakukan analisa berita acara kerusakan yang dikeluarkan oleh *owner*. untuk memastikan bahwa sumber permasalahan kerusakan karena ketidakandalan pada proses perbaikan kapal digalangan bukan karena faktor operasi kapal.
 - ii. Melakukan identifikasi pada faktor SDM di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan.
 - iii. Melakukan identifikasi pada faktor Material di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan.
 - iv. Melakukan identifikasi pada faktor Sarana & Prasarana di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan.
 - v. Melakukan identifikasi pada faktor SOP di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan.

- vi. Melakukan identifikasi pada faktor Desain dan Dokumen perbaikan kapal di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan.
- vii. Melakukan identifikasi pada faktor Kondisi Lapangan di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan.
- viii. Melakukan *corrective action* dan mitigasi untuk mencegah kerusakan terjadi kembali dengan mempertimbangkan faktor yang ditemukan.
- ix. Apabila model identifikasi umum tidak dapat menemukan penyebab permasalahannya, maka dilakukanlah investigasi khusus.

7.2. Saran

Saran untuk pengembangan implementasi keandalan pada perbaikan kapal digalangan di kelompokkan menjadi saran untuk galangan dan saran untuk penelitian:

Saran untuk Galangan:

1. Implementasi keandalan pada proses perbaikan kapal penting untuk dilakukan guna meningkatkan keandalan pada proses dan hasil perbaikan kapal di galangan kapal.
2. Implementasi keandalan yang dibahas pada penelitian ini menggunakan referensi kasus dan data pada galangan perbaikan kapal yang mempunyai kemiripan dalam sisi teknologi galangan, sehingga untuk galangan dengan level teknologi yang berbeda perlu dilakukan beberapa penyesuaian.
3. Prediksi akibat yang disebabkan pada implementasi keandalan pada tugas akhir ini adalah hasil referensi implementasi pada industri lain, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk melihat hasil implementasi keandalan pada perbaikan kapal.

Saran untuk Penelitian:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melihat pengaruh implementasi *tools* dan teknik keandalan pada elemen perbaikan kapal digalangan kapal, sehingga pengaruhnya terhadap keandalan secara spesifik dapat dibuktikan secara ilmiah.

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan M/E

LAMPIRAN A.1

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause					
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC
MAIN ENGINE	Mesin tidak dapat mencapai kecepatan yang diinginkan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Fuel Oil tank bocor	proses pengelasan yang buruk	1	1				
			alat pengelasan yang tidak tepat		1	1			
			material filler dan material pelat dibawah standar sehingga mudah terkorosi		1		1		
		fuel injector macet	Material busi kotor		1		1		
pemasangan yang tidak sempurna	1		1	1					
Pompa transfer yang bertekanan rendah dari biasanya			1		1				
pipa transfer rusak			1		1				
Analisa Penyebab kegagalan		piston tidak berfungsi normal	kompresi terlalu tinggi atau rendah		1			1	
			Kepala piston rusak		1		1		
			tangan piston rusak		1		1		
			Pelumasan tidak sempurna		1			1	
Main Engine		Tekanan udara pembakaran rendah	piston yang tidak cocok dengan cylinder mesin		1		1		
Total	28		Compresor utama tidak berfungsi maksimal	1	1				
SDM	5		impaller rusak		1		1		
Sarana Prasarana	5		tubo unit under performance		1			1	
Material	14	Pembakaran kotor	pompa udara underperformance		1			1	
Planning	7		filter oli tidak berfungsi	1	1		1		
External Factor	1	Pembakaran kotor	pemasangan yang tidak sempurna		1	1			
			Putaran mesin maksimal tidak sampai ke RPM normal	Oli ikut terbakar		1			1
				overheat akibat pendinginan tidak sempurna		1	1		
		material mengalami korosi			1		1		
		material mengalami deformasi			1		1		
		crankshaft bending			1		1		
		crankcase kotor			1		1		
		counterballance deformasi			1		1		
		pemasangan yang tidak sempurna		1	1				
		temperatur	suhu bahan bakar rendah		1			1	
			pemakaian bahan bakar yang tidak cocok	1	1			1	

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan A/E

LAMPIRAN A.2

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause					
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC
AUXILLIARY ENGINE	Mesin tidak dapat mencapai power yang diinginkan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	fuel injector macet	Material busi kotor	1	1	1			
			pemasangan yang tidak sempurna		1		1		
			Pompa transfer yang bertekanan rendah dari biasanya		1		1		
			pipa transfer rusak		1			1	
			piston tidak berfungsi normal	kompresi terlalu tinggi atau rendah		1		1	
				Kepala piston rusak		1		1	
				tangan piston rusak		1			1
				Pelumasan tidak sempurna		1		1	
				piston yang tidak cocok dengan cylinder mesin	1	1			
				Compresor utama tidak berfungsi maksimal		1		1	
			Tekanan udara pembakaran rendah	impaller rusak		1			1
				tubo unit under performance		1			1
				pompa udara underperformance	1	1		1	
				viskositas rendah		1	1		
			Pembakaran kotor	filter oli tersumbat		1			1
				pemasangan yang tidak sempurna		1	1		
				Oli ikut terbakar		1		1	
			Putaran mesin maksimal tidak sampai ke RPM normal	overheat akibat pendinginan tidak sempurna		1		1	
				material mengalami korosi		1		1	
				material mengalami deformasi		1		1	
				crankshaft bending		1		1	
				crankcase kotor		1	1		
				counterballance deformasi		1			1
				pemasangan yang tidak sempurna	1	1			1
			settling tank bocor	proses pengelasan yang buruk	1	1			
				alat pengelasan yang tidak tepat		1	1		
				material filler dan material pelat dibawah standar sehingga mudah terkorosi		1		1	
			temperatur	suhu bahan bakar rendah		1			1
				pemakaian bahan bakar yang tidak cocok	1	1			1
ALTERNATOR	Mesin tidak mencapai target dalam merubah energi gerak menjadi energi listrik dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Stator tidak berfungsi maksimal	kumparan baja kurang	1	1		1		
			pemasangan yang tidak sempurna		1	1			
			material yang tidak cocok		1		1		
			pengerjaan yang buruk		1	1			
			pemasangan bukan orang ahli	1	1				
			stator tidak sesuai standar		1		1		
			Poros pemutar rotor kurang pelumas		1				1

LAMPIRAN A FAILURE LIST

Rotor	clearance rotor dan stator terlalu besar		1	1			
	pemasangan yang tidak sempurna	1	1	1			
	material magnet rotor yang buruk		1		1		
transformator	pemilihan transformator yang buruk		1			1	
	pemasangan yang tidak sempurna		1	1			

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan pompa

LAMPIRAN A.3

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause					
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC
Fuel Oil Transfer Pump	Pompa tidak dapat mengalirkan air sesuai debit yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	drivemotor tidak bekerja normal	kurang asupan listrik		1				1
			salah desain		1			1	
			driveshaft rusak		1		1		
		Impeller rusak	shaft tidak dikuncikan ke impeller	1	1				
			pemilihan material yang buruk		1		1		
			abrasi di impeller		1				1
			pemasangan impeler yang tidak benar		1	1			
		Suction tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1			1	
			kebocoran pada seal	1	1				
			pemasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Discharge tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1	1		1	
			kebocoran pada seal	1	1		1		
			pemasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Seal bocor	pemasangan yang buruk		1	1			
			material handling yang buruk	1	1	1			
Foam Pump	Pompa tidak dapat mengalirkan air sesuai debit yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	drivemotor tidak bekerja normal	kurang asupan listrik		1				1
			salah desain		1			1	
			driveshaft rusak		1		1		
		Impeller rusak	shaft tidak dikuncikan ke impeller	1	1				
			pemilihan material yang buruk		1		1		
			abrasi di impeller		1				1
			pemasangan impeler yang tidak benar		1	1			
		Suction tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1			1	
			kebocoran pada seal	1	1				
			pemasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Discharge tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1	1		1	
			kebocoran pada seal	1	1		1		
			pemasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Seal bocor	pemasangan yang buruk		1	1			
			material handling yang buruk	1	1	1			
Fire Fighting Pump	Pompa tidak dapat mengalirkan air sesuai debit yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	drivemotor tidak bekerja normal	kurang asupan listrik		1				1
			salah desain		1			1	
			driveshaft rusak		1		1		
		Impeller rusak	shaft tidak dikuncikan ke impeller	1	1				
			pemilihan material yang buruk		1		1		
			abrasi di impeller		1				1
			pemasangan impeler yang tidak benar		1	1			
			pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1			1	

LAMPIRAN A FAILURE LIST

Sludge Pump	Pompa tidak dapat mengalirkan air sesuai debit yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Suction tidak maksimal	kebocoran pada seal	1	1				
			pasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
			pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1	1		1	
		Discharge tidak maksimal	kebocoran pada seal	1	1		1		
			pasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
			pasangan yang buruk		1	1			
		Seal bocor	material handling yang buruk	1	1	1			
			kurang asupan listrik		1				1
		drivemotor tidak bekerja normal	salah desain		1			1	
			driveshaft rusak		1		1		
			shaft tidak dikuncikan ke impeller	1	1				
		Impeller rusak	pemilihan material yang buruk		1		1		
			abrasi di impeller		1				1
			pasangan impeler yang tidak benar		1	1			
		Suction tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1			1	
			kebocoran pada seal	1	1				
			pasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			

LAMPIRAN A FAILURE LIST

Sewage Pump	Pompa tidak dapat mengalirkan air sesuai debit yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Discharge tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1	1		1	
			kebocoran pada seal	1	1		1		
			pasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Seal bocor	pasangan yang buruk		1	1			
			material handling yang buruk	1	1	1			
		drivemotor tidak bekerja normal	kurang asupan listrik		1				1
			salah desain		1			1	
			driveshaft rusak		1		1		
		Impeller rusak	shaft tidak dikuncikan ke impeller	1	1				
			pemilihan material yang buruk		1		1		
			abrasi di impeller		1				1
			pasangan impeler yang tidak benar		1	1			
Bilge/Ballast Pump	Pompa tidak dapat mengalirkan air sesuai debit yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Suction tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1			1	
			kebocoran pada seal	1	1				
			pasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Discharge tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1	1		1	
			kebocoran pada seal	1	1		1		
			pasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Seal bocor	pasangan yang buruk		1	1			
			material handling yang buruk	1	1	1			
			kurang asupan listrik		1				1
		drivemotor tidak bekerja normal	salah desain		1			1	
			driveshaft rusak		1		1		
			shaft tidak dikuncikan ke impeller	1	1				
Lube Oil Pump	Pompa tidak dapat mengalirkan air sesuai debit yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Impeller rusak	pemilihan material yang buruk		1		1		
			abrasi di impeller		1				1
			pasangan impeler yang tidak benar		1	1			
		Suction tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1			1	
			kebocoran pada seal	1	1				
			pasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Discharge tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1	1		1	
			kebocoran pada seal	1	1		1		
			pasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
		Seal bocor	pasangan yang buruk		1	1			
			material handling yang buruk	1	1	1			
			kurang asupan listrik		1				1
Lube Oil Pump	Pompa tidak dapat mengalirkan air sesuai debit yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	drivemotor tidak bekerja normal	salah desain		1			1	
			driveshaft rusak		1		1		
			shaft tidak dikuncikan ke impeller	1	1				
		Impeller rusak	pemilihan material yang buruk		1		1		
			abrasi di impeller		1				1
			pasangan impeler yang tidak benar		1	1			

LAMPIRAN A FAILURE LIST

		pemasangan impeler yang tidak benar		1	1			
	Suction tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1			1	
		kebocoran pada seal	1	1				
		pemasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
	Discharge tidak maksimal	pemilihan pipa masuk yang terlalu besar		1	1		1	
		kebocoran pada seal	1	1		1		
		pemasangan siction side yang tidak sempurna		1	1			
	Seal bocor	pemasangan yang buruk		1	1			
		material handling yang buruk	1	1	1			
Analisa Penyebab kegagalan								
Pompa								
Total	105							
SDM	28							
Sarana Prasarana	42							
Material	21							
Planning	21							
External Factor	14							

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan pipa

LAMPIRAN A.4

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause					
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC
BILGE/BALLAST PIPE	pipa mampu memindahkan fluida tanpa kehilangan volume, mempertahankan bentuk fisiknya, kuat terhadap tekanan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	flange bocor	pemasangan yang buruk	1	1			1	
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			
			material yang buruk		1		1		1
			Seal yang buruk		1		1		
		kebocoran pada pipa	korosi akibat material yang tidak dilindungi AC	1	1				1
			Pengelasan (non seamless pipe) yang buruk	1	1	1		1	
			proses pembuatan pipa yang buruk	1	1				
			material yang buruk		1		1	1	
					1	1			
			rusak pada saat material handling ketika perbaikan kapal	1					
		Sambungan pipa	overpressure yang terus menerus		1				1
			pemasangan yang buruk	1	1				
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1		1	
			material yang buruk		1		1		
			Seal yang buruk		1		1		
SALTWATER PIPE	pipa mampu memindahkan fluida tanpa kehilangan volume, mempertahankan bentuk fisiknya, kuat terhadap tekanan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	flange bocor	pemasangan yang buruk	1	1				
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			
			material yang buruk		1		1		1
			Seal yang buruk		1		1		
		kebocoran pada pipa	korosi akibat material yang tidak dilindungi AC	1	1				
			Pengelasan (non seamless pipe) yang buruk	1	1	1		1	
			proses pembuatan pipa yang buruk	1	1				
			material yang buruk		1		1		1
					1	1			
			rusak ketika material handling ketika perbaikan kapal	1					
			Korosi akibat erosi di dalam pipa		1				1
		Sambungan pipa	overpressure yang terus menerus	1	1			1	
			pemasangan yang buruk		1	1			
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1		1		
			material yang buruk		1		1		1
			Seal yang buruk		1			1	

LAMPIRAN A FAILURE LIST

FRESHWATER PIPE	pipa mampu memindahkan fluida tanpa kehilangan volume, mempertahankan bentuk fisiknya, kuat terhadap tekanan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	flange bocor	pemasangan yang buruk	1	1				
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			1
			material yang buruk		1		1	1	
			Seal yang buruk		1		1		
		kebocoran pada pipa	korosi akibat material yang tidak dilindungi AC	1	1				
			Pengelasan (non seamless pipe) yang buruk	1	1	1			
			proses pembuatan pipa yang buruk	1	1				
			material yang buruk		1		1		
					1	1		1	
			rusak pada saat material handling ketika perbaikan kapal	1					
		Sambungan pipa	overpressure yang terus menerus		1				
			pemasangan yang buruk	1	1				
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			
			material yang buruk		1		1		1
			Seal yang buruk		1		1	1	
FUEL OIL PIPE	pipa mampu memindahkan fluida tanpa kehilangan volume, mempertahankan bentuk fisiknya, kuat terhadap tekanan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	flange bocor	pemasangan yang buruk	1	1				
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			
			material yang buruk		1		1		
			Seal yang buruk		1		1		
		kebocoran pada pipa	korosi akibat material yang tidak dilindungi AC	1	1				
			Pengelasan (non seamless pipe) yang buruk	1	1	1		1	
			proses pembuatan pipa yang buruk	1	1				1
			material yang buruk		1		1		
					1	1			
			rusak pada saat material handling ketika perbaikan kapal	1					
		Sambungan pipa	overpressure yang terus menerus		1				1
			pemasangan yang buruk	1	1				
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			
			material yang buruk		1		1		
			Seal yang buruk		1		1		1
LUBE OIL PIPE	pipa mampu memindahkan fluida tanpa kehilangan volume, mempertahankan bentuk fisiknya, kuat terhadap tekanan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	flange bocor	pemasangan yang buruk	1	1				
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			
			material yang buruk		1		1		
			Seal yang buruk		1		1		
		kebocoran pada pipa	korosi akibat material yang tidak dilindungi AC	1	1			1	
			Pengelasan (non seamless pipe) yang buruk	1	1	1			
			proses pembuatan pipa yang buruk	1	1				
			material yang buruk		1		1		
					1	1			
			rusak pada saat material handling ketika perbaikan kapal	1					

LAMPIRAN A FAILURE LIST

		Sambungan pipa	overpressure yang terus menerus		1				
			pemasangan yang buruk	1	1				
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			
			material yang buruk		1		1		1
			Seal yang buruk		1		1		
FIRE FIGHTING PIPE	pipa mampu memindahkan fluida tanpa kehilangan volume, mempertahankan bentuk fisiknya, kuat terhadap tekanan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	flange bocor	pemasangan yang buruk	1	1			1	
			penggunaan alat yang tidak sesuai		1	1			
			material yang buruk		1		1		
			Seal yang buruk		1		1		
	kebocoran pada pipa	korosi akibat material yang tidak dilindungi AC	1	1					
		Pengelasan (non seamless pipe) yang buruk	1	1	1				
		proses pembuatan pipa yang buruk	1	1				1	
		material yang buruk		1		1			
		rusak pada saat material handling ketika perbaikan kapal	1		1				
	Analisa Penyebab kegagalan		Sambungan pipa	overpressure yang terus menerus		1			1
Pipa		pemasangan yang buruk		1	1				
Total	57	penggunaan alat yang tidak sesuai			1	1			
SDM	24	material yang buruk			1		1		
Sarana Prasarana	16	Seal yang buruk			1		1		
Material	20								
Planning	12								
External Factor	11								

LAMPIRAN A FAILURE LIST

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan Kemudi

LAMPIRAN A.5

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause					
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC
STEERING GEAR	Steering gear dapat membuat kapal melakukan manuvering tanpa energi tambahan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Ketidak akuratan antar control dan steering gear	pemasangan switch yang salah	1	1				
			koneksi terputus akibat kerusakan kabel		1		1		1
		loss of power	Motor menyuplai listrik dibawah standar		1		1		
			material ram yang buruk		1		1		
			pemasangan konektor yang salah	1	1				
			solenoid tidak berfungsi maksimal sebagai relay		1			1	
			pemasangan steering gear yang buruk		1	1			
Analisa Penyebab kegagalan		hydraulic loss	Pipa bocor		1		1		1
Kemudi			material hydrolic yang buruk		1		1		
Total	23		pemasngan tidak telit	1	1	1			
SDM	6		seal yang rapuh akibat material		1		1		
Sarana Prasarana	4	pompa tidak tidak berfungsi normal	cairan volume cairan hidrolis dibawah normal	1	1				
Material	11		suplai listrik kurang		1		1	1	
Planning	4		viskositas yang turun akibat suhu		1	1			1
External Factor	3			1	1				
TONGKAT KEMUDI	Tongkat kemudi dapat mempertahankan bentuk dan kekuatannya dan mengalirkan torsi dari steering gear ke kemudi dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Neck Bearing longgar	pemasangan baut yang tidak sempurna					1	
			material yang dibawah standar menyebabkan deformasi akibat manuvering		1				
					1		1		
					1		1		
KEMUDI	Kemudi dapat membuat kapal melakukan manuvering tanpa terjadi overpower atau underpower dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Fracture	pengelasan yang tidak sempurna	1	1				
			konstruksi yang tidak mengikuti perencanaan		1			1	
			material yang tidak dilindungi sacrificial anode		1			1	
			penggunaan mesin las yang tidak mngikuti standar		1	1			
		deformasi	ketidaktahanan material terhadap tekanan		1		1		

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan Coating

LAMPIRAN A.6

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause					
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgr	EC
COATING	cat/coating mempertahankan ketebalan lapisan pada tingkat tertentu dan menjaga permukaan dari pengaruh cuaca dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Terkelupas (lost of adhesion)	Surface preparation yang kurang baik	1	1			1	
			pemilihan cat yang tidak tepat		1		1	1	1
			pengaplikasian yang buruk	1	1				
			pengeringan yang tidak mengikuti waktu	1	1				
		Fouling	tidak dilindungi AF		1		1	1	1
			AF terlepas sebelum waktunya		1		1	1	1
			Surface preparation antar layer yang kurang baik	1	1			1	
			pemilihan cat yang tidak tepat		1		1	1	
			pengaplikasian yang buruk	1	1				
			pengeringan yang tidak mengikuti waktu minimum	1	1			1	
			peralatan tidak sesuai standar		1	1			
		erosi dan korosi	Penggunaan sacrificial anoda yang tidak maksimal		1		1	1	
			tidak dilindungi AC		1		1	1	1
			AC terlepas sebelum waktunya		1		1		
			Surface preparation antar layer yang kurang baik		1		1		
			pemilihan cat yang tidak tepat		1	1		1	
			pengaplikasian yang buruk	1	1				
			pengeringan yang tidak mengikuti waktu minimum	1	1			1	
			peralatan tidak sesuai standar		1	1			

Analisa Penyebab kegagalan	
Coating	
Total	19
SDM	8
Sarana Prasarana	3
Material	8
Planning	11
External Factor	4

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan Deck Machinery

LAMPIRAN A.7

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause					
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC
EXTERNAL FIRE FIGHTING	Perlengkapan pemadam kebaran tidak dapat memenuhi mengalirkan substansi pemadam kebakaran dalam volume tertentu untuk memadamkan api.	debit pompa fire fighting kecil	spesifikasi pompa kurang		1		1		
			settingan suction dan discharge salah	1	1				
			pemasangan pompa yang salah	1	1				
		selang pemadam bocor	kualitas material yang buruk		1		1		
			material handling yang buruk		1	1			
			placement dari equipment yang tidak tertata		1	1			
BATTERY	Aki dapat mempertahankan output amperenya dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	keran macet	Kotor akibat tidak bersih	1	1		1		1
		Volume air kurang	Tidak telitinya dalam proses maintenance		1	1			
		Seal water inlet rusak	Material yang buruk		1		1		
			proses pemasangan yang tidak benar	1	1				
			Material vbelt lemah		1		1		
			tegangan dasar kurang akibat kondisi aki tidak maksimal		1			1	
AIR COMPRESSOR	Kompresor udara dapat mempertahankan tekanan udara di dalam tabung dan mampu mengalirkan kompresi udara dengan presisi dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Motor tidak aktif	koneksi litrik rusak		1		1		
			sistem motor bakar buruk		1			1	
			material piston mulai rusak		1		1		
			injektor bahan bakar kotor		1			1	
			pemasangan sistem motor compressor salah	1	1				
		pompa compresor tidak dapat memadatkan sesuai rencana	pompa tidak standar		1		1		
			intercooler tube tidak berfungsi	1	1		1		
			distributor kotor		1				1
		regulator malfungsi	tanki terisi air		1		1		
			relugator tidak sesuai rencana	1	1			1	
FRESHWATER COOLER	sitem pendingin dapat menurunkan mesin ke suhu yang ditentukan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Termomstat tidak berfungsi semestinya	overcompressed		1				
			tipe termostat salaj	1	1				
			pemasangan belum benar		1	1			
		kurang aliran raw-water	termostat tidak berfungsi akibat kerusakan		1		1		
			Terhambatnya aliran akibat mampet		1				1
			pompa tidak standar		1		1		
		kurang aliran freshwater	pemasangan salah	1	1	1			
			Terhambatnya aliran akibat mampet		1				1
LUBE OIL COOLER	sitem pendingin dapat menurunkan mesin ke suhu yang ditentukan dalam kondisi yang telah	Pompa sirkulasi malfungsi	pompa tidak standar		1		1		
			pemasangan salah	1	1				
		tanki penampung lube oil bocor	termostat tidak berfungsi akibat kerusakan	1	1				1
			Suction pompa kecil karena salah pemasangan		1				
			Pompa tidak beroperasi pada efektifitas biasa		1		1	1	
			pelat terkena failure		1		1		
			pemasangan yang salah	1	1				

LAMPIRAN A FAILURE LIST

	ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Oli kotor	Filter tidak cocok dengan oli		1		1	1	
			Filter kotor	1	1				
		Oli overheat	pendingin oli tidak bekerja		1		1		
			mesin overheat		1				1
		pipa pendistribusi macet	Kotor akibat tidak bersih	1	1				

Analisa Penyebab kegagalan	
Deck Machinery	
Total	42
SDM	14
Sarana Prasarana	5
Material	17
Planning	6
External Factor	6

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan sistem propulsi

LAMPIRAN A.8

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause							
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC		
PROPELLER	Propeller mempertahankan daya dorong kapal tanpa memerlukan power tambahan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Deformasi Blade	Material yang digunaka tidak cocok dengan standar		1		1				
			Propeller handling pada saat perbaikan yang tidak benar	1	1	1					
			Proses pengelasan yang tidak sempurna menyebabkan propeller yang tidak streamline	1	1						
			Ketidak akuratan bentuk propeler yang menyebabkan perbedaan bentuk blade yang satu dan yang lain		1	1					
			Pemasangan yang tidak didukung oleh alat yang kapabel sehingga propeller lepas dari dudukan		1	1					
			Desain Propepeller yang tidak baik		1			1			
		Erosi Cavitasi		1							
			Percikan las-las an perbaikan kapal menempel pada permukaan, menyebabkan ketidak mulusan permukaan		1						
			Korosi Blade	Material propeller yang buruk		1		1			
		Sampungan Boss dan Blade	Propeller tidak dilindungi oleh sacrificial anodes		1			1			
			Las antara boss dan blade yang buruk	1	1						
			Filler Metal yang tidak cocok antar material yang ingin disatukan		1			1			
			Alat pengelasan tidak memenuhi WPS		1	1					
PROPELLER SHAFT	poros kapal dapat menyalurkan mesin ke propeller tanpa terdefleksi akibat torsi berlebih dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.		Hydraulic Coupling rusak	Pemilihan coupling yang salah		1			1		
		pemasangan baut tidak di menggunakan mesin dengan torsi cukup			1						
		tidak teliti dalam pemasangan		1	1						
		baut stern tube yang termakan umur			1		1				
		Stern tube seal bocor	ada pengikisar pada tutup stern tube		1				1		
			pemasangan baut tidak di menggunakan mesin dengan torsi cukup		1		1				
			Selisih antara bearing dan shaft yang besar	ketidak akuratan dalam pengukuran yang menyebabkan tidak ditebalkanya shaft	1						
		LUBE OIL SYSTEM	Sistem pelumasan poros mempertahankan gaya gesek pada poros di ambang batas yang diizinkan dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Seal penutup bocor	material bearing mudah aus atau korosi		1				
					baut seal yang termakan umur		1		1		
					ada pengikisar pada tutup stern tube		1				1
pemasangan baut tidak di menggunakan mesin dengan torsi cukup					1		1				
Cairan pelumas tidak berfungsi	cairan yang tidak memenuhi standart				1		1				
	volume cairan yang digunakan berkurang			1	1				1		
	pelumas tidak dapat mempertahankan viskositasnya				1		1				

LAMPIRAN A FAILURE LIST

Analisa Penyebab kegagalan	
Sistem Propulsi	
Total	26
SDM	7
Sarana Prasarana	8
Material	7
Planning	3
External Factor	3

identifikasi masalah hasil perbaikan pelat

LAMPIRAN A.9

IDENTIFIKASI MASALAH				Root Cause					
komponen	definisi kegagalan	jenis kegagalan	penyebab kegagalan	man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC
PELAT BAJA	Pelat kapal mempertahankan bentuk awalnya dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Crack	Proses pengelasan yang salah	1	1				
			Tegangan berlebih akibat salah perencanaan		1			1	
			Material yang tidak memenuhi standart		1		1		
			Kondisi lingkungan pengelasan yang tidak memenuhi standart pengelasan yang baik		1	1			
		Deformasi	Proses pengelasan yang salah	1	1				
			Tegangan berlebih akibat salah perencanaan		1			1	
			Filler Metal yang tidak cocok dengan pelat		1		1		
		Korosi	Coating yang buruk		1		1		
			Tidak tercover zinc anoda		1			1	
			pemasangan coating tidak dilakukan oleh orang yang berkompentensi	1	1				
BALOK KONSTRUKSI	Balok Konstruksi mempertahankan bentuk awalnya dalam kondisi yang telah ditentukan selama digunakan sesuai petunjuk.	Crack	alat coating yang tidak cocok dengan coating		1	1			
			Proses pengelasan yang salah	1	1				
			Tegangan berlebih akibat salah perencanaan		1			1	
			Material yang tidak memenuhi standart		1		1		
			Kondisi lingkungan pengelasan yang tidak memenuhi standart pengelasan yang baik		1	1			
		Deformasi	Proses pengelasan yang salah	1	1				
			Tegangan berlebih akibat salah perencanaan		1			1	

LAMPIRAN A FAILURE LIST

			Filler Metal yang tidak cocok dengan pelat		1		1		
Analisa Penyebab kegagalan		Korosi	Coating yang buruk		1		1		
Pelat			Tidak tercover zinc anoda		1			1	
Total	22		pemasangan coating tidak dilakukan oleh orang yang berkompentensi	1	1				
SDM	6								
Sarana Prasarana	4		alat coating yang tidak cocok dengan coating		1	1			
Material	6								
Planning	6								
External Factor	0								

LAMPIRAN A FAILURE LIST

identifikasi masalah hasil perbaikan kapal

LAMPIRAN A.10

119	391	105	131	83	45
man	total	mchn	mtrl	dsgn	EC

Analisa Penyebab kegagalan	
Komponen kapal	
Total	391
SDM	119
Sarana Prasarana	105
Material	131
Planning	83
External Factor	45

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, M., & Hasan, H. (2009). Manajemen Perawatan Sistem Permesinan Kapal dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 185-190.
- Azadeh, A., Ebrahimipour, V., & V., B. (2009). A Pump FMEA Approach to Improve Reliability Centered Maintenance Procedure: The Case of Centrifugal Pumps in Onshore Industry. *Proceeding of the 6th WSEAS International Conference on Fluid Mechanics* (hal. 38-45). FLUIDS'09.
- Bayer, G. T., & Zamanzadeh, M. (2004). Failure Analysis of Paints and Coatings. Pittsburgh, Pennsylvania, United States of America: Matco Associates, Inc.
- Catalog. (t.thn.). Typical Specifications for Hydraulic Fluids (ISO 32,46,68). *100% Biodegradable Marine Hydraulic Fluid*. Green Marine Catalog.
- DNV. (2012, Januari). *Failure Mode and Effect Analysis of Redundant System*. Dipetik Desember 15, 2015, dari DNV-GL Classification: <http://www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl-rp-e.pdf>
- Faturachman, D., Mustafa, S., Octaviany, F., & Novita, T. D. (2013). Failure Mode and Effect Analysis of Diesel Engine for Ship Navigation System Improvement. *FTECH*.
- H., E. S., & B., U. (2008). Analisa Keandalan Sistem Bahan Bakar Motor Induk pada KM.Leuser. *Kapal Vol.5 No.3*, 123-135.
- Idaho National Library. (2005). The SPAR-H Human Reliability Analysis Method. *The SPAR-H*. Washington, United States of America: U.S. Nuclear Regulatory Commison.
- Mokashi, A., Wang, J., & Verman, A. (2002). A Study of Reliability-Centered Maintenance in Maritime Operation. *Marine Policy*, 325-335.
- O'Connor, P. D., & Kleyner, A. (2012). *Practical Reliability Engineering*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ransom, D. L. (2007). A Practical Guideline for A Successful Root Cause Failure Analysis. *Proceedings of The Thirty-Sixth Turbomachinery Symposium*, (hal. 149-155). Texas.
- Rausand, M., & Hoyland, A. (2004). *System Reliability Theory Second Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Scutti, J. J., & J., M. W. (2001). Root-Cause Analysis. Dalam A. International, *Introduction to Failure Analysis and Prevention* (hal. 7-10). Ohio: ASM International.
- Scutti, J. J., & McBrine, W. J. (2001). Concept of Failure Analysis and Prevention. Dalam A. International, *Introduction to Failure Analysis and Prevention* (hal. 2-6). Ohio: ASM International.
- Siswahyudi, A. (2003). *Penerapan Total Safety Assessment (TSA) Pada Reparasi Kapal Untuk Meningkatkan Kualitas Produk*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sondalini, M. (2007). Bill Masters Reliability and Maintenance Management. *Travel 'the Journey' to Reliability and Maintenance Management Mastery*. Rossmoyne, WA, Australia: Lifetime Reliability Solutions Global (LRS COnsultant Global).

BIODATA PENULIS



Dilahirkan di Jakarta pada 19 September 1993 sebagai anak pertama dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Islam Darussalam Pekayon Bekasi, SMP Islam Darussalam Cikunir Bekasi, SMAN 5 Bekasi. Setelah lulus pada tahun 2011, penulis melanjutkan studinya di Program Sarjana Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS. Penulis telah melakukan kerja praktek di PT. Lamongan Marine Industri (Agustus-September 2014) dan ClassNK Surabaya (Januari-Februari 2016).

Penulis juga aktif dalam organisasi Maritime Challenge sebagai Staff dan Ketua Divisi Perbaikan Perawatan Pemeliharaan. Selain itu penulis aktif dalam Kegiatan Surabaya Fisherman Sailing Competition sebagai panitia, ketua panitia, dan ketua Steering Comite. Penulis juga pernah menjabat sebagai staff Lembaga Minat Bakat ITS dan staff Kajian Strategis Himatekpal. Penulis memiliki ketertarikan dalam bidang Industri Perkapalan sehingga mengambil program studi Industri Perkapalan. Oleh karena itu, penulis mengambil penelitian dalam bidang Keandalan sebagai tugas akhirnya.

Email : a.m.pangaran@gmail.com

Manusia_bulan@hotmail.com